



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Máster

Didáctica de la electrotecnia: un estado del arte  
*Didactics of electrical technology: a state of the art*

Autor

Víctor Ballestín Bernad

Directora

Raquel Acero Cacho

Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato,  
Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas

FACULTAD DE EDUCACIÓN

2021

## **Agradecimientos**

*A mis padres, por enseñarme el valor del esfuerzo,  
piedra angular de cualquier aprendizaje.*

*A mis profesores de ESO y bachillerato,  
por transmitirme en su día los conocimientos  
que no podía encontrar en casa.*

## Resumen

La *didáctica*, del griego *didaktikós*, es el “arte de enseñar”, mientras que la *electrotecnia* sería el “estudio de las aplicaciones técnicas de la electricidad”. En este trabajo fin de máster se desarrolla un estado del arte sobre didáctica de la electrotecnia, con el objetivo de que pueda servir como orientación en el ejercicio de la profesión docente. En primer lugar, se contextualiza brevemente la situación de la electrotecnia en los sistemas escolar y universitario españoles, para después desarrollar una revisión bibliográfica sobre didáctica de la electrotecnia. En ella se incluyen todas las etapas formativas, desde la educación infantil hasta la universidad. Tras explicar las publicaciones analizadas y algunos proyectos de innovación en formación profesional, se plantea una reflexión crítica sobre la revisión realizada. Al detectarse que con anterioridad se han analizado ciertas dificultades de aprendizaje propias del campo de la electrotecnia, se procede a elaborar un cuestionario para investigar algunas concepciones sobre electrotecnia en varios grupos de población, establecidos según la formación académica. Finalmente, se analizan los resultados del cuestionario y se obtienen conclusiones. Queda de manifiesto que, en algunos casos, no se comprenden con suficiente seguridad aspectos muy básicos y esenciales de la electrotecnia.

## Abstract

*Didactics*, from the Greek *didaktikós*, is “the art of teaching”, while *electrical technology* is the “study of the technical applications of electricity”. In this master's thesis, a state of the art on “didactics of electrical technology” is developed, with the aim that the work can serve as an orientation for teachers. Firstly, the context of electrical technology in the Spanish school and university is briefly analyzed, then a bibliographic review on “didactics of electrical technology” is made. It includes all the stages from pre-school to university. After explaining some publications and innovation projects in vocational training, a critical reflection on the bibliographic review is made. Some learning difficulties in the field of electrical technology have been previously analyzed in literature, thus in this work a questionnaire is drawn up to investigate some conceptions about electrical technology in various groups, this groups are established according to the education level. Finally, the results of the questionnaire are analyzed and some conclusions are drawn. It is shown that some basic and essential aspects of electrical technology are not understood properly.

## Tabla de contenidos

1. Introducción.....	7
2. Objetivos.....	9
3. Estado del arte.....	10
3.1. La electrotecnia en la escuela y en la universidad.....	10
3.2. Revisión bibliográfica sobre didáctica de la electrotecnia.....	12
3.2.1. Educación infantil y educación primaria.....	14
3.2.2. Educación secundaria obligatoria y bachillerato.....	15
3.2.3. Formación profesional.....	19
3.2.4. Universidad.....	22
3.3. Reflexión crítica.....	27
4. Metodología y desarrollo.....	30
4.1. Revisión bibliográfica.....	30
4.2. Cuestionario sobre electrotecnia.....	32
4.2.1. Grupos de estudio.....	32
4.2.2. Recogida de datos.....	32
4.2.3. Resultados.....	33
5. Conclusiones.....	39
6. Líneas futuras.....	40
Referencias.....	41
Anexos.....	46
Anexo I. Cuestionario breve sobre electrotecnia.....	46
Anexo II. Resultados del cuestionario.....	51

## Índice de tablas

Tabla 1: Contenidos sobre electrotecnia en los currículos básicos de primaria, ESO y bachillerato.....	11
Tabla 2: Síntesis de la revisión bibliográfica.....	13
Tabla 3: Categorías descriptivas y sus características (Guisasola Aranzábal et al., 2008).....	18
Tabla 4: Proyectos de innovación de FP en el ámbito de la electrotecnia (2019).....	20
Tabla 5: Aciertos al aplicar el DIRECT en los tres grupos (Parra León et al., 2014).....	25
Tabla 6: Número de participantes y tiempo de aplicación de las propuestas metodológicas de la revisión bibliográfica.....	29
Tabla 7: Criterios de inclusión y exclusión de la revisión bibliográfica.....	30
Tabla 8: Relación de publicaciones y revistas, congresos o trabajos.....	31
Tabla 9: Nombre y descripción de los grupos de estudio.....	32
Tabla 10: Relación de preguntas, concepciones sobre electrotecnia y referencias.....	33
Tabla 11: Índice de seguridad para cada pregunta y grupo.....	36
Tabla 12: Tamaño muestral.....	51
Tabla 13: Tasa de aciertos.....	51
Tabla 14: Tasa de seguridad.....	52
Tabla 15: Índice de seguridad.....	52
Tabla 16: Personas con cada número de aciertos.....	52
Tabla 17: Personas con cada número de síes en seguridad.....	53
Tabla 18: Respuestas a la tercera pregunta (circuito en serie).....	53

## Índice de figuras

Figura 1: La electrotecnia en los sistemas escolar y universitario españoles.....	10
Figura 2: Ganancia en las partes del test y la media del test total según las metodologías (Méndez Coca, 2013).....	16

Figura 3: Calificación media según el tercil para las dos metodologías (TM: Traditional teaching Methodology, FT: Flip Teaching methodology) (Gómez-Tejedor, Vidaurre, Tort-Ausina, Mateo, et al., 2020).	23
Figura 4: Tamaño muestral por grupos.....	34
Figura 5: Tasa de aciertos, por preguntas.....	35
Figura 6: Tasa de seguridad, por preguntas.....	35
Figura 7: Respuestas a la tercera pregunta (circuito en serie).....	37
Figura 8: Tasa de aciertos y tasa de seguridad, por grupos.....	37
Figura 9: Personas con cada número de aciertos (%), por grupos.....	38
Figura 10: Vista de la elección de estudios.....	46
Figura 11: Vista de la pregunta 1.....	47
Figura 12: Vista de la pregunta 2.....	47
Figura 13: Vista de la pregunta 3.....	48
Figura 14: Vista de la pregunta 4.....	49
Figura 15: Vista tras responder la última pregunta.....	49
Figura 16: Vista de la pregunta 1 junto al feedback.....	50
Figura 17: Vistas del feedback de las preguntas 2, 3 y 4 ante, respectivamente, una respuesta correcta, correcta e incorrecta.....	50

# 1. Introducción

Lo que más encadena a un discípulo a su maestro, lo que más le hace cobrar afición a lo que este le enseña, es sentir el calor de la pasión por la enseñanza, del heroico furor del magisterio [...].

Y advierta, señor mío, que la pasión por la enseñanza no es la afición a la pedagogía como ciencia [...].

M. DE UNAMUNO

En esta memoria se desarrolla el trabajo fin de máster (TFM) del alumno Víctor Ballestín Bernad, para optar al título de Máster en Profesorado, especialidad “Procesos Industriales y de Construcción”, por la Universidad de Zaragoza. El trabajo ha sido supervisado por la profesora Raquel Acero Cacho, miembro del Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación de dicha universidad.

Según el Diccionario de la Real Academia Española, la *didáctica* (*didaktikós*), es el “arte de enseñar”, mientras que la *electrotecnia* sería el “estudio de las aplicaciones técnicas de la electricidad”. En este TFM se desarrolla un estado del arte sobre didáctica de la electrotecnia, con el objetivo principal de que el trabajo pueda servir como orientación en el ejercicio de la profesión docente. Para ello, se han llevado a cabo, fundamentalmente, tres tareas:

- Se ha analizado brevemente la legislación educativa española desde 1970, momento en que empezó a producirse una cierta diversificación en el currículo, para situar la enseñanza de la electrotecnia en los sistemas escolar y universitario españoles.
- Se ha realizado una revisión bibliográfica sobre didáctica de la electrotecnia, desde la educación infantil hasta la universidad, utilizando publicaciones del campo de la investigación educativa. En la etapa de la formación profesional (FP), ante la falta de referencias se han analizado los proyectos de innovación relacionados con la electrotecnia que han concurrido a las convocatorias nacional y aragonesa en el año 2019.
- Se ha elaborado un cuestionario para investigar algunas concepciones sobre electrotecnia detectadas previamente en la revisión bibliográfica. Se han obtenido resultados y conclusiones al respecto.

La elección del tema del trabajo, didáctica de la electrotecnia, se debe a que a partir del próximo curso el autor de este TFM tendrá asignadas algunas horas de docencia en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Zaragoza, donde desarrolla su tesis doctoral, por lo que el tema resulta ser de gran interés para él. Por otra parte, esta memoria se ha elaborado aplicando la máxima concisión y el máximo rigor posibles, y se deja en acceso abierto, con el objetivo de que también pueda ser de utilidad a profesores de electrotecnia de cualquier etapa formativa que, al igual que el autor, valoren las orientaciones que surgen de la investigación científica para el ejercicio de su profesión.

La estructura de este documento es como sigue:

Tras este primer capítulo, *Introducción*, en el capítulo 2, *Objetivos*, se indican los objetivos del trabajo.

En el capítulo 3, *Estado del arte*, se explica brevemente a situación de la electrotecnia en la escuela y en la universidad españolas (asignaturas y títulos) y se desarrolla una revisión bibliográfica sobre didáctica de la electrotecnia, finalizando con una reflexión crítica de la misma.

En el capítulo 4, *Metodología y desarrollo*, se comenta cómo se ha llevado a cabo la revisión bibliográfica y, después, se explica la investigación sobre dificultades en el aprendizaje de la electrotecnia, llevada a cabo mediante un cuestionario.

En los capítulos 5 y 6 se incluyen, respectivamente, las *Conclusiones* y las *Líneas futuras* del trabajo.

Finalmente, tras las *Referencias*, se incluyen los anexos: Anexo I. *Cuestionario breve sobre electrotecnia*, Anexo II. *Resultados del cuestionario*.

## 2. Objetivos

Se enumeran a continuación los objetivos de este TFM, el primero de ellos se considera objetivo principal:

- Desarrollar un estado del arte sobre didáctica de la electrotecnia, desde la educación infantil hasta la universidad, que pueda ser de utilidad como orientación para el ejercicio de la profesión docente.
- Contextualizar la enseñanza de la electrotecnia en los sistemas escolar y universitario españoles.
- Plantear una reflexión crítica sobre la revisión bibliográfica.
- Elaborar un cuestionario, a modo de contribución a la investigación educativa, obteniendo resultados y conclusiones.

Las tareas desarrolladas y la estructura de esta memoria pretenden ser coherentes con los objetivos formulados.

### 3. Estado del arte

En este capítulo, en primer lugar se explica la situación de la electrotecnia en los sistemas escolar y universitario españoles<sup>1</sup> y, después, se realiza una revisión bibliográfica sobre didáctica de la electrotecnia.

#### 3.1. La electrotecnia en la escuela y en la universidad

Con el objeto de contextualizar la situación de la electrotecnia en los sistemas escolar y universitario españoles, en esta sección se hace un breve recorrido por algunas asignaturas y títulos de interés (Figura 1).

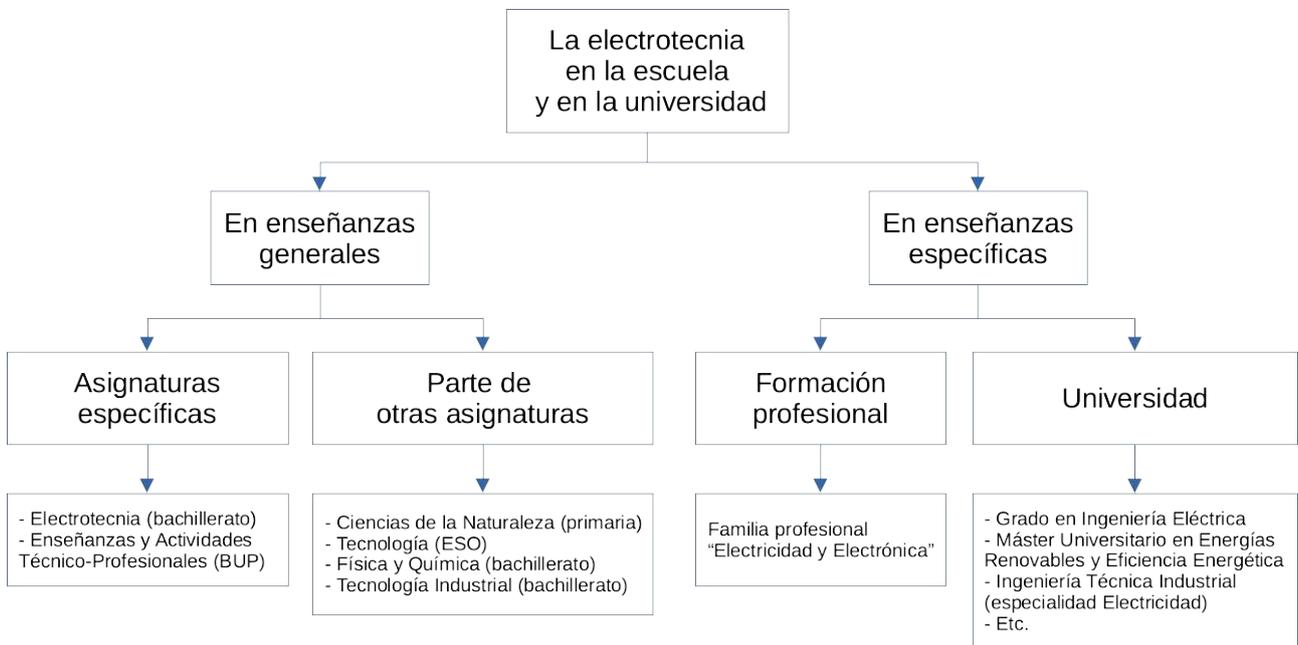


Figura 1: La electrotecnia en los sistemas escolar y universitario españoles

A partir de 1970, tras la aprobación de la Ley General de Educación (LGEFRE 14/1970, de 4 de agosto), comenzó a producirse una cierta diversificación en las materias escolares. Fue entonces cuando se introdujo la electrotecnia de forma significativa en lo que en esta sección se denominan *enseñanzas generales*, esto es, aquellas no orientadas específicamente al estudio de la electrotecnia. Los contenidos se han repartido a lo largo del tiempo entre asignaturas específicas y como parte de otras asignaturas, según el currículo en vigor. Cabe destacar las dos asignaturas específicas que existieron en el bachillerato y que actualmente ya no se imparten:

<sup>1</sup> Entiéndase por *sistema escolar* el conjunto de etapas formativas hasta la universidad, sin incluirla. Se realiza esta distinción entre sistema escolar y sistema universitario por las diferentes características y organización de ambas instituciones, escuela y universidad.

- **Electrotecnia:** fue una asignatura del segundo curso de bachillerato, que apareció por primera vez en el currículo de la LOGSE (RD 1179/1992, de 2 de octubre) —como materia optativa de la modalidad “Tecnología”—, después se mantuvo con la LOE (RD 1467/2007, de 2 de noviembre) y posteriormente desapareció en el currículo de la LOMCE (RD 1105/2014, de 26 de diciembre). Mientras existió fue, incluso, una asignatura evaluable en las pruebas de acceso a la universidad.
- **Enseñanzas y Actividades Técnico-Profesionales:** se trataba de una asignatura obligatoria del segundo y tercer curso del bachillerato unificado polivalente (BUP), la cual podía cursarse, según la oferta del centro, en siete modalidades (industrias de la alimentación, electricidad, electrónica, industrias mecánicas, comercio, técnicas del hogar y diseño). La asignatura estuvo en vigor, al igual que el BUP, entre la LGEFRE (Orden de 22 de marzo de 1975 por la que se desarrolla el Decreto 160/1975, de 23 de enero) y la LOGSE (RD 1179/1992, de 2 de octubre).

En la Tabla 1 se muestran los contenidos sobre electrotecnia que pueden encontrarse en los currículos básicos vigentes de educación primaria (RD 126/2014, de 28 de febrero), educación secundaria obligatoria y bachillerato (RD 1105/2014, de 26 de diciembre).

*Tabla 1: Contenidos sobre electrotecnia en los currículos básicos de primaria, ESO y bachillerato*

<b>Etapa</b>	<b>Asignatura (curso)</b>	<b>Bloque de contenidos</b>
Educación primaria	Ciencias de la Naturaleza	Bloque 4. Materia y energía Bloque 5. La tecnología, objetos y máquina
Educación secundaria obligatoria (ESO)	Física y Química (2.º y 3.º)	Bloque 4. El movimiento y las fuerzas Bloque 5. Energía
	Tecnología (1.º ciclo)	Bloque 4. Estructuras y mecanismos: máquinas y sistemas
Bachillerato	Física (2.º)	Bloque 3. Interacción electromagnética
	Tecnología Industrial I (1.º)	Bloque 3. Máquinas y sistemas

En relación a lo que en la Figura 1 (p. 10) se denominaban *enseñanzas específicas*, cabe distinguir entre la formación profesional y los estudios universitarios. En formación profesional, estudios de fuerte orientación técnica y especializada, pueden citarse los títulos de la familia profesional “electricidad y electrónica” («Electricidad y Electrónica - TodoFP | Ministerio de Educación y Formación Profesional», s. f.). Entre ellos, cabe señalar los siguientes por su relación especialmente estrecha y directa con la electrotecnia:

- Formación profesional básica: Título Profesional Básico en Electricidad y Electrónica
- Ciclos formativos de grado medio: Técnico en Instalaciones Eléctricas y Automáticas
- Ciclos formativos de grado superior: Técnico Superior en Sistemas Electrotécnicos y Automatizados

En el ámbito universitario, actualmente se ha completado la adaptación de las titulaciones al Espacio Europeo de Educación Superior, distinguiendo entre grados, másteres y doctorados. La mayor parte de los grados de ingeniería y arquitectura cuentan con una formación básica en electrotecnia (teoría de circuitos, fundamentalmente), algunos de ellos profundizan en máquinas eléctricas y sistemas eléctricos de potencia, como el Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, y también existen algunos títulos específicos de electrotecnia<sup>2</sup>, como el Grado en Ingeniería Eléctrica o el Máster en Energías Renovables y Eficiencia Energética. Entre los grados y másteres que se imparten en la Universidad de Zaragoza, los siguientes cuentan con asignaturas específicas de electrotecnia («Oferta de estudios oficiales universitarios», s. f.):

- Grados en ingeniería: Agroalimentaria y del Medio Rural, Civil, Organización Industrial, Tecnologías Industriales, Tecnologías y Servicios de Telecomunicación, Eléctrica, Electrónica y Automática, Diseño Industrial y Desarrollo de Producto, Mecánica, Mecatrónica, Química.
- Másteres universitarios: Energías Renovables y Eficiencia Energética, Ingeniería Industrial.

## 3.2. Revisión bibliográfica sobre didáctica de la electrotecnia

En esta sección se explica la revisión bibliográfica realizada sobre didáctica de la electrotecnia. En la Tabla 2 (p. 13) se muestra una síntesis de la misma en la que se clasifican las publicaciones analizadas según la etapa educativa que se trata, la temática estudiada y la presentación o no de resultados. Al no haber encontrado publicaciones sobre didáctica de la electrotecnia en FP, en la Subsección 3.2.3 (p. 19) se analizan los proyectos de innovación relacionados con el ámbito de la electrotecnia que han concurrido a las convocatorias nacional y autonómica aragonesa en el año 2019.

---

<sup>2</sup> El origen universitario de estas titulaciones especializadas en electrotecnia se remonta a la Ley General de Educación de 1970 (LGEFRE 14/1970, de 4 de agosto), donde se reconoció el carácter universitario de los estudios profesionales y científico-técnicos, y las enseñanzas de ingeniería técnica pasaron a impartirse en escuelas universitarias (*Evaluación para determinar la correspondencia de los títulos oficiales de arquitectura, ingeniería, licenciatura, arquitectura técnica, ingeniería técnica y diplomatura a los niveles del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior*, 2015).

Tabla 2: Síntesis de la revisión bibliográfica

Referencia	Etapa educativa			Temática			Presenta resultados
	Infantil/ primaria	ESO/ bachillerato	Universidad	Propuestas metodológicas	Dificultades en el aprendizaje	Concepciones del profesorado	
(Rodríguez Moreno, de Pro Cherenguini, & de Pro Bueno, 2020)	•			•			•
(López, Guerra, & Pulido, 2013)	•			•			
(Ortiz Revilla & Greca, 2017)	•			•			•
(Iradí Mateo, 2019)		•		•			
(Méndez Coca, 2013)		•		•			•
(de Pro Bueno & Saura Llamas, 1996)		•			•		
(Guisasola Aranzábal, Zubimendi, Almodí García, & Ceberio, 2008)		•	•		•		•
(Solano Macías, 2004)	•	•	•	•	•		•
(Gunstone, Mulhall, & McKittrick, 2009)		•				•	•
(Domínguez Navarro, Carod Pérez, & Velilla Marco, 2008)			•	•			
(Iturregi, Mate, Larruskain, Abarrategui, & Etxegarai, 2017)			•	•			•
(Lei et al., 2012)			•	•			•
(Gómez-Tejedor, Vidaurre, Tort-Ausina, Molina-Mateo, et al., 2020)			•	•			•
(Ravishankar, Epps, Ladouceur, Eaton, & Ambikairajah, 2015)			•	•			•
(Mina & Moore, 2010)			•		•		
(Hernando Palacios, 2014)			•		•		
(Parra León, Duarte, & Fernández Morales, 2014)			•		•		•
(González-Gómez, Airado, & Jeong, 2017)			•			•	•

### 3.2.1. Educación infantil y educación primaria

Puede resultar sorprendente, *a priori*, pero existen evidencias de investigación educativa sobre enseñanza de la electrotecnia en educación infantil (Rodríguez Moreno et al., 2020). El trabajo se circunscribe al área de Conocimiento del Entorno y se enmarca en la didáctica de las ciencias experimentales, disciplina que, como señalan los autores, se ha ocupado tradicionalmente de otras etapas educativas. Al elegir la temática de la intervención, los autores se decantan por la electricidad por contar con “una presencia en la vida cotidiana del niño de estas edades”, por aportar “conocimientos para cubrir necesidades básicas de un ciudadano”, por contemplar “actividades experimentales” que exigen una “participación activa” y por integrar “tareas de cooperación”. Se remarca la necesidad de “partir de las creencias del alumnado”, puesto que los niños de infantil pueden contar ya con ideas o experiencias sensoriales previas. Las actividades propuestas parten de una “asamblea” y de la exposición de una “situación problemática”, la cual se intenta trasladar a modo de problema que los niños deben resolver individual o conjuntamente, según el caso. En cuanto a los resultados, se indica que los niños de tercero de infantil no tenían problemas para identificar, nombrar y representar aparatos eléctricos; podían montar y accionar un circuito eléctrico simple y mejoraron su comunicación y su actitud ante el trabajo cooperativo.

Respecto a la enseñanza de la electricidad en educación primaria, pueden encontrarse propuestas de enfoque constructivista aplicadas al curso de sexto de primaria (López et al., 2013; Ortiz Revilla & Greca, 2017) El primero de los trabajos (López et al., 2013) consiste simplemente en plantear una unidad didáctica, basada en el modelo de orientación constructivista de Sanmartí y centrada en cuatro objetivos didácticos: (1) explorar las ideas de partida sobre energía y energía eléctrica, (2) presentar el circuito eléctrico cerrado y los materiales conductores y aislantes como sistema para transformar la energía, (3) introducir la idea de transferencia y transformación de la energía y (4) apoyar a los estudiantes para que identifiquen las aplicaciones tecnológicas de la energía eléctrica, destacando cuestiones de relevancia social como el uso racional de la energía. No se indican resultados ni conclusiones de la propuesta. El segundo trabajo (Ortiz Revilla & Greca, 2017) consiste en la implantación de una experiencia basada en la metodología de la indagación (en inglés IBSE, *Inquiry-Based Science Education*), justificada en que “los enfoques basados en la indagación presentan a los niños más oportunidades para utilizar y desarrollar una gama amplia de habilidades como el trabajo en grupo, la comunicación y expresión oral y escrita, la resolución de problemas y numerosas experiencias que aumentan la motivación tanto del estudiante como del maestro”. Se configuran pequeños grupos (cuatro alumnos) y las actividades se estructuran en tres partes: (1) aproximación a las ideas previas, (2) indagación y (3) reflexión y elaboración de las explicaciones. La

evaluación se realiza mediante una rúbrica, considerando cinco ítems: cuaderno de campo, aportaciones al grupo, actitud y esfuerzo, conocimiento científico y consecución de los estándares de aprendizaje evaluables, prueba escrita. Se observan resultados positivos en adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes, así como en la motivación de los alumnos.

### 3.2.2. Educación secundaria obligatoria y bachillerato

Las publicaciones analizadas correspondientes a la educación secundaria y el bachillerato pueden clasificarse, atendiendo a su temática, en tres bloques:

- Propuestas metodológicas (Iradi Mateo, 2019; Méndez Coca, 2013).
- Dificultades en el aprendizaje de la electrotecnia (de Pro Bueno & Saura Llamas, 1996; Guisasola Aranzábal et al., 2008; Solano Macías, 2004)<sup>3</sup>.
- Concepciones del profesorado sobre electrotecnia (Gunstone et al., 2009).

En cuanto a las *propuestas metodológicas* aplicadas a la enseñanza de la electrotecnia, se tienen referencias sobre la clase invertida (Iradi Mateo, 2019) y sobre el aprendizaje cooperativo (Méndez Coca, 2013).

El trabajo relativo a la clase invertida (Iradi Mateo, 2019) se trata de una propuesta de intervención en Tecnología de 2.º de ESO, pero no se ha aplicado en un centro. El planteamiento es el característico del aula invertida: visualizar vídeos en casa y dejar para el trabajo en el centro actividades como aclaración de dudas, realización de cuestionarios, presentaciones orales, pequeños trabajos en grupo, etc.

En relación al llamado aprendizaje cooperativo, se cuenta con una referencia de aplicación en Física y Química de 3.º de ESO (Méndez Coca, 2013). El profesor reparte unos materiales y los alumnos los trabajan en grupos de 3 o 4 alumnos, resolviendo dudas al final. Utilizando la fórmula de Hake<sup>4</sup> (Ecuación 1, p. 16), la propuesta metodológica obtiene mejoras en un grupo de docencia respecto a otro con metodología “tradicional”, en particular en los resultados de los ejercicios y problemas; sin embargo, los resultados en la parte de teoría son similares. En todo caso, las evidencias mostradas (test de aptitudes mentales BTDA-2 y fórmula de Hake), en particular en lo referido a la ganancia de aprendizaje (Figura 2, p. 16) no parecen suficientes para afirmar, como hace el autor en el resumen del artículo, que “la conclusión es que el aprendizaje cooperativo facilita el aprendizaje más que la metodología tradicional”.

---

<sup>3</sup> La segunda de estas publicaciones incluye alumnos de bachillerato y también universitarios; la tercera incluye alumnos desde 11 años hasta el primer curso de universidad.

<sup>4</sup>  $g$  es la ganancia de aprendizaje,  $s_{post}$  el porcentaje de respuestas correctas en el postest y  $s_{pre}$  lo mismo en el pretest.

$$g = \frac{s_{post} - s_{pre}}{100 - s_{pre}} \quad (1)$$

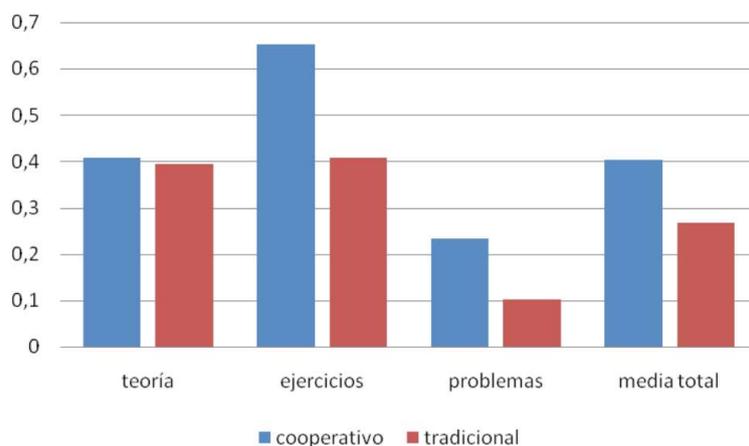


Figura 2: Ganancia en las partes del test y la media del test total según las metodologías (Méndez Coca, 2013)

Se han realizado diversas aproximaciones a las *dificultades en el aprendizaje de la electrotecnia* (de Pro Bueno & Saura Llamas, 1996; Guisasola Aranzábal et al., 2008; Solano Macías, 2004). En el ámbito de la educación secundaria obligatoria (de Pro Bueno & Saura Llamas, 1996), se observa que el alumnado suele recurrir en sus razonamientos sobre electrotecnia a ciertas nociones vinculadas a la magia y a la peligrosidad. Los esfuerzos de la propuesta didáctica se centran en superar las siguientes concepciones que los autores detectan entre el alumnado:

- Asocian los conceptos de fluido eléctrico y corriente eléctrica, de donde se derivan problemas para comprender las configuraciones en serie-paralelo y las transformaciones energéticas.
- Ven los elementos de circuito (baterías, resistencias, bombillas) como cajas negras.
- Conciben la carga como partícula y no como propiedad de la materia. De ello se derivan dificultades para diferenciar campo y fuerza, así como para entender el concepto de potencial.
- Consideran el interruptor como fuente de alimentación, no como elemento que cierra un circuito.
- Confunden diferencia de potencial (DDP) y corriente, y no entienden por qué hay que utilizar estas dos magnitudes para describir los fenómenos eléctricos.
- Memorizan los esquemas de conexión del amperímetro y del voltímetro, sin comprenderlos.

- Dotan a los fenómenos electrostáticos, magnéticos y electromagnéticos de un esoterismo que les impide diferenciarlos.

A partir del diagnóstico indicado, se formula una propuesta metodológica de enfoque constructivista que consta, en resumen, de las siguientes fases:

- Se introduce el tema mediante aspectos tecnológicos, que no precisan de una conceptualización, para intentar conectar con los conocimientos previos de los alumnos.
- Recorrido histórico centrado en el concepto de corriente. Posteriormente, se plantea el concepto de DDP “ante la imposibilidad de medir con un amperímetro la corriente de una pila aislada”.
- Se relacionan los conceptos de corriente y DDP mediante los conceptos de resistencia y potencia.
- Se incide en aspectos descriptivos del electromagnetismo.

En todas las fases de la intervención se pretende combinar los trabajos en pequeño y gran grupo “como un elemento contextualizador del aprendizaje individual”. La propuesta no se ha aplicado en ningún centro, por lo que no cuenta con resultados ni conclusiones.

En el trabajo de Guisasola Aranzábal et al. (2008) se realiza un diseño experimental, con métodos cualitativos y cuantitativos (entrevistas y cuestionarios), con el objeto de analizar las formas de razonamiento de estudiantes de bachillerato y universidad (1.º y 3.º de Ingeniería Industrial) acerca de procesos de carga eléctrica en cuerpos. En particular, se muestra que conceptos como carga, diferencia de potencial y capacidad eléctrica no son utilizados científicamente por una mayoría de estudiantes. Los autores realizan en primer lugar una revisión bibliográfica, que parece muy completa, para después proponer un diseño experimental. Tras la obtención de resultados, estos se analizan estableciendo las cuatro categorías descriptivas indicadas en la Tabla 3 (p. 18). La conclusión es clara: “una mayoría de estudiantes no usan (sic) el concepto de diferencia de potencial para analizar los fenómenos relacionados con la carga de los cuerpos. En este contexto explicativo, el concepto de capacidad eléctrica pierde su significado científico y se asocia únicamente con las dimensiones (contenedor de cargas) y tipo de material (conductor contra aislante), del objeto a cargar”.

Tabla 3: Categorías descriptivas y sus características (Guisasola Aranzábal et al., 2008)

CATEGORÍA DESCRIPTIVA	FRECUENCIA DE UTILIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Fluido eléctrico	Mayoría de estudiantes (más del 60%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Los procesos de carga se explican como trasvase de cargas, de cuerpos con mayor «cantidad de carga» a cuerpos con menor cantidad de carga.</li> <li>– No se considera la influencia de cuerpos en el entorno del cuerpo a cargar. Únicamente se tienen en cuenta los fenómenos de contacto eléctrico.</li> <li>– No se utiliza el concepto de <i>diferencia de potencial</i>, centrándose el análisis sólo en el cuerpo a cargar. En consecuencia:</li> <li>– la capacidad eléctrica de un cuerpo se asocia exclusivamente con la «cantidad de carga que puede almacenar el cuerpo».</li> </ul>
Fuerza coulombiana	Alrededor del 30%	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Se analiza el proceso de carga, en función de la ‘cantidad de carga’ del cuerpo y de las fuerzas eléctricas que se ejercen con otros cuerpos cargados de su entorno.</li> <li>– No se considera ni la polarización del medio ni la producida en cuerpos neutros.</li> <li>– En el sistema pila-cuerpo, la pila realiza «la fuerza» necesaria para llevar las cargas al cuerpo.</li> <li>– Se produce un cierto grado de identificación entre fuerza eléctrica y potencial eléctrico.</li> </ul>
Operativos	Más del 30%	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Se interpreta el proceso de carga mediante la descripción de una fórmula, sin atribuir significado a las magnitudes que aparecen en ella.</li> <li>– Se realiza una inversión causa-efecto, a partir de una utilización errónea de una definición operativa.</li> </ul>
Sistémicos	Alrededor del 20%	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Analizan el proceso de carga teniendo en cuenta el sistema pila-cuerpo-entorno, utilizando la magnitud diferencia de potencial como criterio del trasvase de cargas.</li> <li>– Utilizan de forma significativa las relaciones entre carga eléctrica, diferencia de potencial y capacidad eléctrica para explicar la carga de los cuerpos.</li> </ul>

Se cuenta con una tesis doctoral centrada en las preconcepciones o “teorías implícitas” sobre electrotecnia a lo largo de distintos niveles del sistema educativo (Solano Macías, 2004). Estas ideas previas pretenden corregirse mediante el diseño de una unidad didáctica de enfoque constructivista. El trabajo realiza una revisión bibliográfica muy completa sobre teorías implícitas en electrotecnia, a continuación se indican algunas de ellas:

- “Los circuitos eléctricos no son caminos cerrados”.
- “Considerar la pila eléctrica como una fuente de corriente”, independientemente de los elementos que se conecten a ella.
- “Considerar la corriente como un fluido que circula por unas cañerías (cables). Esto implicaría que la pila se comportaría como el depósito de ese fluido”.

En relación al concepto de corriente eléctrica, merece la pena reseñar brevemente los modelos conceptuales que propone el autor, basándose en la bibliografía:

- Modelo unipolar: “la corriente eléctrica circula solamente desde un polo de la pila hasta la bombilla, siendo el otro cable de seguridad”.

- Modelo concurrente: “la corriente eléctrica circula desde la pila hasta la bombilla a través de dos cables, produciéndose la luz como consecuencia del encuentro de ambas corrientes”.
- Modelo fuente-consumidor: “la corriente eléctrica que fluye de la batería se va gastando a medida que avanza en el circuito. Esta teoría surge por la confusión entre los términos de corriente y energía”.
- Modelo de atenuación: “la corriente circula en una dirección alrededor del circuito, debilitándose gradualmente. Los últimos componentes recibirán menos y los primeros más, aunque sean iguales”.
- Modelo de reparto: “la corriente se reparte entre los elementos del circuito”.

En relación a las *concepciones del profesorado sobre electrotecnia*, un estudio realizado en Australia (Gunstone et al., 2009) parte de un diagnóstico interesante: “los conceptos de la electricidad son especialmente problemáticos, altamente abstractos y complejos, de manera que su comprensión es esencialmente dependiente de analogías y metáforas, y frecuentemente problemática”. Con una muestra de ocho profesores de Física, del equivalente al segundo de bachillerato español, se muestra que los profesores con visiones más elaboradas del aprendizaje tienden a comprender mejor los conceptos sobre electricidad y son más conscientes de la dificultad de su enseñanza. Se detectan errores conceptuales e inconsistencias relevantes en algunos de los docentes, llegándose a decir en las conclusiones:

“La reflexión sobre la naturaleza de conceptos complejos y abstractos parece una expectativa muy razonable para estudiantes no universitarios, una expectativa que creemos que no se cumplió para ninguno de estos profesores”.

Según mencionan los autores, a nivel curricular el foco se pone más en las representaciones matemáticas y la resolución de problemas que en la comprensión de los conceptos, por lo que parece deseable repensar este enfoque.

### **3.2.3. Formación profesional**

En formación profesional no se han encontrado artículos de investigación educativa en el campo de la electrotecnia. A modo de ejemplos de innovación docente, pueden citarse los proyectos que han concurrido a las últimas convocatorias públicas y que están estrechamente relacionados con la electrotecnia (Tabla 4, p. 20) («Ayudas destinadas a la realización de proyectos de innovación aplicada y transferencia del conocimiento en la formación profesional del sistema educativo | Ministerio de Educación y Formación Profesional», s. f.; «Convocatoria 2019 - 2020 - Centro Innovación Formación Profesional de Aragón», s. f.).

Tabla 4: Proyectos de innovación de FP en el ámbito de la electrotecnia (2019)

Convocatoria (año)	Título del proyecto	Centros y empresas (localidad)	Concesión (posición)	Cuantía (€)
Nacional (2019)	Efinnova	IES Extremadura (Montijo, Badajoz) IES Ciudad Jardín (Badajoz) IES Politécnico (Sevilla) EOLAS S. L. (Badajoz) Equipos de control energéticos sociedad civil (Sevilla)	Ayuda concedida (7)	190.000,00
	Energía inclusiva	CIPFP Faitanar (Quart de Poblet, Valencia) IES Segundo de Chomón (Teruel) ENSOVAL Renovables S. L. (Valencia)	Ayuda concedida (16)	79.880,47
	Desarrollo e implantación de una subestación eléctrica didáctica alimentada por fuentes de energía renovable	IES Pere Martell (Tarragona) CIFP Usurbil LHII (Usurbil, Guipúzcoa) Centro de formación Somorrostro (Muskiz, Vizcaya) Schneider Electric S. A. (Barcelona)	En reserva (4)	167.000,00
	MEET 4.0: Mejora de la Eficiencia Energética mediante trabajo colaborativo	IES Pedro Cerrada (Utebo, Zaragoza) IES El Palmeral (Orihuela, Alicante) Institut Baix Empordà (Palafugell, Girona) Electricidad Mayasa S. L. (Zaragoza) Associacio Robotot Team (Olot, Girona)	En reserva (17)	188.427,90
Autonómica (2019)	Aula Zero Energy	CPIFP Pirámide (Huesca)	Ayuda concedida (1)	3.500,00
	Hibridación eléctrica de vehículos con motor térmico II: conversión a híbridos enchufables	CPIFP Corona de Aragón (Zaragoza)	Ayuda concedida (2)	3.500,00
	Reforma de vehículo con motor de combustión interna a motor eléctrico. Fase II	IES Pedro Cerrada (Utebo, Zaragoza)	Ayuda concedida (10)	600,00

En el año 2019 se han concedido, en total, cerca de 270.000 € a proyectos nacionales y 7.600 € a proyectos autonómicos en Aragón relacionados con la electrotecnia. A continuación se explican brevemente los proyectos de FP seleccionados a nivel nacional:

- Efinnova: consiste en la “exploración, implantación y montaje real de un (1) sistema de monitorización y gestión de instalaciones y eficiencia energética (SGIEE) mediante *software* para el control con SCADA (PowerStudio de Circutor), con control de (2) la aportación energética de instalación solar fotovoltaica (ISFV) conectada a red para autoconsumo y de (3) puntos de recarga para vehículos ligeros urbanos eléctricos (VLUE) para, finalmente, (4) aprovechar todo ello y conocer e implantar en los propios centros educativos la norma UNE-EN-ISO 50001:2018, Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) para una organización” («EFINNOVA - Proy. MEFP - IES Politécnico», s. f.).
- Energía inclusiva: “este proyecto consiste en el montaje de una instalación de autoconsumo con compensación de excedentes de 15 kWp sobre la cubierta del CIPFP Faitanar, y otra instalación de 2 kWp a modo de banco de pruebas didáctico para los alumnos de Electricidad y Electrónica. Además, se realizarán diversas jornadas formativas a alumnado y profesorado, tanto en el CIPFP Faitanar como en el IES Segundo de Chomón” («Energía inclusiva: proyecto de innovación en FP seleccionado por el Ministerio de Educación y Formación Profesional - ENSOVAL Renovables», s. f.).

Seguidamente se incluyen los proyectos autonómicos seleccionados en Aragón:

- Aula Zero Energy: “los alumnos experimentan en cuatro casetas de obra lo que puede ser una casa sostenible del futuro. Aplican en ellas energías renovables, además de sistemas de gestión domóticos, con la finalidad de conseguir que el balance neto de energía [...] se acerque a cero o incluso se produzca más energía limpia de la que se gaste” («Innovación en FP en Aragón: de una casa del futuro sostenible a los productos hortícolas autóctonos», 2019).
- Hibridación eléctrica de vehículos con motor térmico II: conversión a híbridos enchufables: “se ha motivado al alumnado a conocer todas las fases de construcción de un vehículo, incidiendo en la posibilidad de convertirlo en eléctrico” («Aragón contará en 2019 con 70 nuevos proyectos de innovación en FP - CIFPA», 2018).
- Reforma de vehículo con motor de combustión interna a motor eléctrico. Fase II: los alumnos, “junto a cuatro empresas, han realizado las reformas necesarias para transformar un vehículo con motor de combustión interna a otro eléctrico” («Aragón contará en 2019 con 70 nuevos proyectos de innovación en FP - CIFPA», 2018).

### 3.2.4. Universidad

Los trabajos analizados en el ámbito universitario pueden clasificarse de forma similar a los incluidos en la Subsección 3.2.2 *Educación secundaria obligatoria y bachillerato* (p. 15):

- Propuestas metodológicas:
  - Aprendizaje basado en proyectos (Domínguez Navarro et al., 2008; Iturregi et al., 2017; Lei et al., 2012).
  - Aula invertida (Gómez-Tejedor, Vidaurre, Tort-Ausina, Molina-Mateo, et al., 2020).
  - Uso de tablets y aplicaciones (Ravishankar et al., 2015).
- Dificultades en el aprendizaje de la electrotecnia (Hernando Palacios, 2014; Mina & Moore, 2010; Parra León et al., 2014).
- Concepciones del profesorado sobre electrotecnia (González-Gómez et al., 2017).

En relación al *aprendizaje basado en proyectos*, en este trabajo se han analizado tres referencias (Domínguez Navarro et al., 2008; Iturregi et al., 2017; Lei et al., 2012).

Se han comparado el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y el aprendizaje basado en problemas en la asignatura Máquinas Eléctricas II, de Ingeniería Industrial, durante tres cursos (Domínguez Navarro et al., 2008). La propuesta de ABP consiste en plantear al alumnado que, en grupos de cuatro miembros, elija libremente un trabajo que tenga que ver con las máquinas eléctricas. En el aprendizaje basado en problemas se propone que, en grupos de tres alumnos, se resuelvan unos problemas construyendo modelos de simulación y respondiendo a unas preguntas. Se obtiene que en el caso del ABP los alumnos estaban “más contentos con el trabajo realizado”, mientras que la comprensión del temario era menos extensa y con menor profundidad. Se conseguían una mayor autonomía y motivación.

El proyecto ProElec (Iturregi et al., 2017) es un caso de ABP consistente en el diseño de una instalación eléctrica, desde los puntos de vista técnico, económico y legislativo, a lo largo de varias asignaturas. Se enmarca en los grados en Ingeniería Civil y en Ingeniería de Tecnología de Minas y Energía: Los autores dan cuenta de su implantación en segundo curso y pretenden aplicarlo en tercero y cuarto. Se proponen tres actividades: identificación de una instalación eléctrica (localización, legislación, etc.), cálculo de la instalación y estudio de costes de la instalación y de la energía consumida. El planteamiento es sencillo: los alumnos eligen los grupos de trabajo (no se especifica el número de miembros), cuentan con el apoyo de las

sesiones de tutoría y se van realizando entregas, a modo de evaluación continua. Se realiza una encuesta de satisfacción final y se obtienen resultados entre el 5 y el 7,5 sobre 10, según la pregunta, salvo aquella en la que se pregunta si se preferiría un examen final, la cual obtiene una puntuación más baja (en torno al 3).

Otro caso de ABP, aplicado en un curso introductorio de ingeniería eléctrica, consiste en la construcción de una máquina de Rube Goldberg<sup>5</sup> (Lei et al., 2012) que integre varios sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos. Se forman grupos de cuatro alumnos, los cuales tienen que (1) diseñar la máquina, (2) implementar el diseño con sensores eléctricos y actuadores y (3) presentar la máquina a una competición que tiene lugar en clase. Se formulan unos resultados de aprendizaje (*learning outcomes*) y, para su logro, se plantean cuatro actividades de aprendizaje: clases magistrales (*lectures*), tutoriales, ejercicios de laboratorio preproyecto y competición de proyectos. La evaluación del ABP, basada en entrevistas y cuestionarios, lleva a los autores a concluir que “el proyecto puede desencadenar y mantener la motivación de los estudiantes para el aprendizaje de la ingeniería”.

El *aula invertida* se ha aplicado en la parte de prácticas de una asignatura de electricidad a nivel universitario (Gómez-Tejedor, Vidaurre, Tort-Ausina, Mateo, et al., 2020). El enfoque consiste en sustituir la explicación del profesor previa a la práctica por la lectura de documentos y el visionado de vídeos. Se obtienen los resultados mostrados en la Figura 3: en el primer y tercer tercil hay una mejora de la calificación media, mientras que en el segundo tercil se da un ligero empeoramiento.

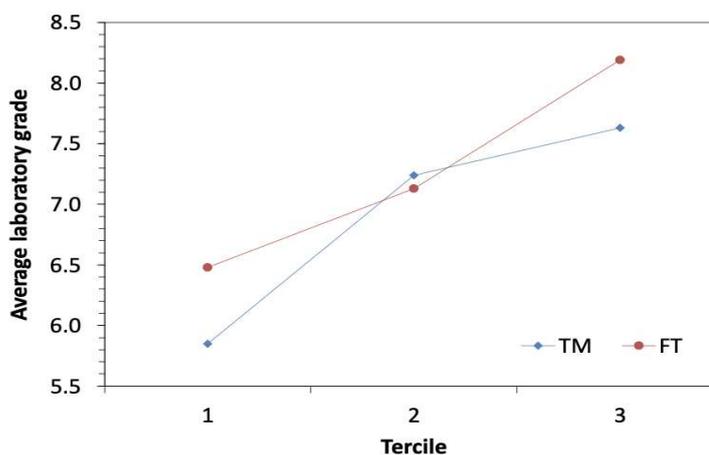


Figura 3: Calificación media según el tercil para las dos metodologías (TM: Traditional teaching Methodology, FT: Flip Teaching methodology) (Gómez-Tejedor, Vidaurre, Tort-Ausina, Mateo, et al., 2020)

5 “Una máquina de Rube Goldberg es un aparato excesivamente sofisticado que realiza una tarea muy simple de una manera deliberadamente indirecta y elaborada, normalmente haciendo uso de una reacción en cadena” («Máquina de Rube Goldberg - Wikipedia, la enciclopedia libre», s. f.).

Respecto al uso de *tablets* y *aplicaciones* (Ravishankar et al., 2015), se propone el uso de *tablets* (iPad) con una serie de aplicaciones para diferentes usos: *Explain Everything* (presentaciones), *Airserver* (reproducir la pantalla de la tablet en una pantalla), *Polleverywhere* y *Top Hat Monocle* (encuestas en línea), *MyScript MathPad* (escritura de ecuaciones y conversión a formato digital), *ZipGrade* (preguntas de elección múltiple) y, finalmente, *iCircuit* (simulación de circuitos eléctricos y electrónicos). Basados en las entrevistas realizadas al profesorado, los autores no se observan tendencias claras en las respuestas en relación a las habilidades que se espera desarrollar en los estudiantes, el futuro uso de las herramientas TIC por los docentes o el *feedback* que recibían los docentes de los estudiantes.

Las contribuciones en relación a las *dificultades de aprendizaje de la electrotecnia* en contextos universitarios son algo difusas en su planteamiento y desarrollo (Hernando Palacios, 2014; Mina & Moore, 2010; Parra León et al., 2014).

Mina y Moore (2010) centran su estudio en el concepto de “representación mental”<sup>6</sup>. Indican que “las fases cognitivas del procesamiento de la información están enormemente afectadas por las representaciones mentales almacenadas en la memoria a largo término”. Partiendo de este diagnóstico, señalan que una forma efectiva de alterar las representaciones mentales en relación al aprendizaje es la “comunicación efectiva” durante el proceso de instrucción. Plantean una intervención —indican que ha sido implementada, aunque no aportan resultados— basada en tres principios: “crear una cultura del aprendizaje” (dividida a su vez en tres fases: teórica, práctica y emancipatoria), “introducir una metodología centrada en la comprensión del aprendizaje de los alumnos” y “utilizar representaciones mentales para ayudar a los estudiantes a aprender y retener sus conocimientos”. Se señalan algunos problemas específicos del electromagnetismo, como el hecho de que “muchos estudiantes no distinguen las definiciones o conceptos y los ejemplos diseñados para enseñar los conceptos”. La estrategia instruccional basada en la enseñanza de ejemplos y soluciones se conoce como “aprendizaje mediante ejemplos” (*learning by example*), y los autores señalan que, en ausencia de conceptos, no conduce a aprendizajes sólidos.

Se ha realizado una revisión sobre la problemática del aprendizaje de la electrotecnia en contextos universitarios (Hernando Palacios, 2014), aunque poco se puede sacar en claro de ella: el uso de las analogías y la experimentación como técnicas didácticas habituales, la importancia que diversos autores han dado a las concepciones previas y las aportaciones de la teoría de la fragmentación perceptual de Egan y Schawrtz en relación a las representaciones externas<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> Los autores definen la representación mental como “una presentación a la mente en la forma de una idea o imagen” (Mina & Moore, 2010).

Se puede encontrar una propuesta de enfoque constructivista en relación a la enseñanza de los circuitos, (Parra León et al., 2014). Si bien la propuesta no llega a aplicarse, se realiza un diagnóstico inicial basado en la prueba DIRECT<sup>8</sup> (*Determining and Interpreting Resistive Electric Circuits Concepts Test*), consistente en 29 preguntas de elección múltiple que deben ser respondidas en 30 minutos. Esta prueba “permite establecer la capacidad de análisis de circuitos eléctricos básicos de corriente continua”. Se consideran tres grupos de alumnos: diez estudiantes que no han cursado la asignatura (G1), catorce estudiantes que cursaron y aprobaron la asignatura (G2) y once estudiantes que, “además de haber cursado la asignatura, han aplicado estos conceptos en asignaturas relacionadas con el área eléctrica, como: (sic) circuitos de corriente alterna, máquinas eléctricas y electrónica”. Se obtienen los resultados de la Tabla 5 y los autores infieren que “a partir de estos resultados se puede establecer que el modelo tradicional de enseñanza [...] no es el más adecuado para generar conocimientos perdurables a mediano ni a largo plazo”.

Tabla 5: Aciertos al aplicar el DIRECT en los tres grupos  
(Parra León et al., 2014)

Sección	Aciertos G1 (%)	Aciertos G2 (%)	Aciertos G3 (%)
Magnitudes y propiedades básicas de los circuitos eléctricos.	33,3	51,2	51,5
Análisis de circuitos eléctricos básicos.	6,7	13,2	12,5
Representación esquemática de circuitos eléctricos básicos.	54,5	46,4	54,5
Aptitudes en la construcción de circuitos eléctricos básicos.	33,3	40	59,1
Promedio grupal	28,6	37,7	39,5

No trata exactamente las *concepciones del profesorado sobre electrotecnia*, puesto que se trata de estudiantes de magisterio, pero en todo caso el análisis de González-Gómez, Airado y Jeong (2017) es de interés. Se indica que en el estudio de la electrotecnia es necesario “razonar sobre nociones altamente abstractas”, sucediendo, al igual que en otras disciplinas, que “los estudiantes generan modelos conceptuales, en ocasiones alejados de los modelos científicos” y “a partir de experiencias cotidianas”, los cuales “una vez creados, resultan resistentes al cambio mediante la enseñanza”. Dichos modelos también

7 Según el autor de la revisión, esta teoría “propende por (sic) identificar el nivel de habilidad con que cuenta un aprendiz de electricidad y electrónica al momento de comprender el funcionamiento de un sistema, modelo o equipo, mediante las formas en que éste realiza representaciones, diagramas y esquemas al respecto de la constitución funcional del dispositivo y como éstas representaciones son elaboradas mediante la descomposición del sistema en partes o módulos, los cuales, a su vez están constituidos por componentes”.

8 Los autores señalan que esta prueba se debe al grupo de investigación en enseñanza de la física de la Universidad de Carolina del Norte, citando el trabajo de Engelhardt et al. (2004).

reciben el nombre de “ideas previas”, “concepciones alternativas” o “creencias”. Los autores proponen una intervención didáctica centrada en el “cambio conceptual”, que “permite al docente identificar y construir en los estudiantes intuiciones científicamente correctas”. En primer lugar, partiendo de una muestra de 124 estudiantes de magisterio, se plantea un cuestionario sobre concepciones alternativas y, en segundo lugar, se llevan a cabo dos sesiones sobre conceptos teóricos y trabajos experimentales, respectivamente. El cuestionario sobre concepciones alternativas (pretest) tiene la siguiente estructura:

- Dos preguntas abiertas, con espacio limitado, en las que se pide a los estudiantes que definan qué es la electricidad, empleando tres palabras clave, y cómo explicarían qué es la electricidad.
- Dos preguntas cerradas sobre la naturaleza de la corriente eléctrica y sobre los circuitos eléctricos y materiales conductores.

Se obtienen los siguientes resultados:

- En la primera pregunta, donde se pide definir la electricidad con tres palabras clave, un 30,2 % de los estudiantes no emplea términos científicos, asociando la electricidad a palabras como “cables”, “enchufes” o “bombillas”. Un 14 % establece una relación directa entre electricidad y luz, y un 26 % lo hace entre electricidad y corriente.
- En la segunda pregunta, en la que se pide definir el concepto de electricidad, la mayoría de los alumnos no ofrece una explicación científica del concepto de electricidad, limitándose a describir sus usos (32,2 %) y cómo se transporta (15,3 %), o apelando a un carácter de “fenómeno”, “acción” o “fuerza” (22,6 %). Incluso un 6,5 % asocia la electricidad, de uno u otro modo, “al sol, al fuego o a un invento”.
- En la tercera pregunta, sobre el concepto de corriente eléctrica, más de un 10 % de los estudiantes considera que la corriente es “un fluido que se mueve por un cable hueco”, que “son los átomos los que se mueven por el cable” (19,4 %) o que “el movimiento de electrones se produce solo por la mitad del cable” (18,5 %).
- En la cuarta pregunta, sobre el concepto de material conductor, “cerca del 90 % de los estudiantes no entienden el concepto de material conductor”.

Tras la intervención, se obtiene una mejora en prácticamente todos los indicadores.

### 3.3. Reflexión crítica

A lo largo de la sección anterior se ha procurado establecer relaciones entre los documentos analizados, clasificándolos por etapas y temáticas, como se pone de manifiesto en la Tabla 2 (p. 13). Destaca el hilo conductor que puede establecerse respecto a la didáctica de la electrotecnia en torno a tres ejes: las propuestas metodológicas, lo que se ha denominado “dificultades de aprendizaje” (errores conceptuales, ideas previas, teorías implícitas, etc.) y las concepciones del profesorado.

En las primeras etapas, infantil y primaria, parece recurrirse a un *criterio de utilidad* al plantear propuestas metodológicas sobre electrotecnia: se hace alusión a la “presencia en la vida cotidiana del niño de estas edades”, al aporte de “conocimientos para cubrir necesidades básicas de un ciudadano” (Rodríguez Moreno et al., 2020) o a que “su estudio está asociado a los problemas medioambientales” (López et al., 2013).

En cuanto a las etapas superiores, resultan de especial interés a nivel docente las dificultades de aprendizaje que se han analizado en distintos estudios, tal y como se explica en las Subsecciones 3.2.2 (p. 15) y 3.2.4 (p. 22). Además, en diversas publicaciones aparece la siempre difusa idea de *enseñanza tradicional, metodología tradicional* o similar, con acepciones de lo más variopintas y, en general, sin especificar con claridad qué se quiere designar (Gómez-Tejedor, Vidaurre, Tort-Ausina, Molina-Mateo, et al., 2020; Gunstone et al., 2009; Lei et al., 2012; Méndez Coca, 2013; Mina & Moore, 2010; Ortiz Revilla & Greca, 2017; Parra León et al., 2014):

- Gómez Tejedor et al. (2020): en este artículo se comparan la “metodología tradicional” y la metodología invertida (*flipped methodology*). En relación a la primera, se dice que es aquella en que “el profesor explica los nuevos conceptos en clase y el alumno reflexiona sobre los contenidos en casa”. De este modo, la metodología tradicional sería aquella que no es invertida.
- Gunstone et al. (2009): se habla de “dos grupos diferentes de profesores [...], uno de ellos son profesores en los que el foco de la clase se pone en la comprensión conceptual, y el otro son profesores con enfoques más tradicionales (como la solución de problemas tipo)”. Así pues, la enseñanza tradicional sería aquella orientada a la resolución de problemas y no a la comprensión de los conceptos.
- Lei et al. (2012): se dice que “debido al avance de las tecnologías electrónicas, los ingenieros requieren un nuevo conjunto de habilidades de ingeniería y una mentalidad a nivel de sistema que no se puede aprender de los problemas de los libros de texto y los métodos de instrucción tradicionales. Por lo tanto, se han propuesto el enfoque de aprendizaje basado en proyectos y otros

métodos de instrucción”. Los métodos de instrucción tradicionales serían, entonces, los que no son aprendizaje basado en proyectos ni otros<sup>9</sup>, o lo que sería lo mismo, aquellos que no permiten adquirir las habilidades y la mentalidad a nivel de sistema propios del avance de la electrónica.

- Méndez Coca (2013): en este artículo, que compara dos grupos (“tradicional” y “cooperativo”), se indica que “en el caso de la metodología tradicional el profesor explicaba y se ayudaba del libro de texto y de la pizarra, resolvía las dudas planteadas por los estudiantes pero éstos no participaban nada más en clase”. La “enseñanza tradicional” podría, en consecuencia, asociarse a la idea de “clase magistral” como monólogo unidireccional, sin participación del estudiante<sup>10</sup>. El autor, con base en los resultados comentados en la Subsección 3.2.2 (p. 15), en particular en la Figura 2 (p. 16), concluye que “el aprendizaje cooperativo facilita el aprendizaje más que la metodología tradicional”. Según sus propios resultados, el autor parece pecar de sesgo de confirmación.
- Mina & Moore (2010): no se dice exactamente qué es una clase tradicional, pero se afirma que “en muchas clases tradicionales como el electromagnetismo, la línea entre lo teórico y lo práctico no está bien definida. Muchos estudiantes no distinguen entre definiciones y conceptos y los ejemplos diseñados para enseñar los conceptos. En consecuencia, los estudiantes memorizan métodos y pasos de soluciones particulares en lugar de aprender los conceptos subyacentes de los problemas”. En consecuencia, la clase tradicional sería aquella en la que los alumnos memorizan soluciones de ejercicios, no entienden los conceptos ni saber distinguir estos de los ejemplos.
- Ortiz Revilla & Greca (2017): se hace referencia al momento en que “el famoso filósofo, pedagogo y psicólogo estadounidense John Dewey quiso romper con la enseñanza tradicional hacia la primera mitad del siglo XX”. Así pues, parece que la enseñanza tradicional sería la anterior a Dewey.
- Parra León et al. (2014): los autores sí especifican qué entienden por modelo tradicional, aunque bien podrían haberse ahorrado la explicación. Según ellos, “en el modelo tradicional predomina la transmisión de información, el profesor es el eje del proceso, elige los contenidos y la metodología, *usualmente es autoritario* (énfasis del autor de este TFM). El estudiante asume una actitud pasiva, solo aprende lo que el profesor expone, realiza las tareas asignadas y las desarrolla de acuerdo a

---

9 Con la denominación “otros”, los autores remiten a la siguiente referencia: S. Northrup, “Innovative lab experiences for introductory electrical engineering students,” in Proc. Frontiers in Education Conf., San Antonio, TX, 2009, pp. 1–6. En esta publicación se habla de una experiencia de laboratorio en la que “los nuevos experimentos introducen a los estudiantes en el diseño con sensores de luz y temperatura, motores, tacómetros y ecualizadores musicales. Los proyectos incluyen un diseño abierto con circuitos pasivos y activos”.

10 Este mantra también ha sido asumido y transmitido acriticamente por algún docente del máster en profesorado.

una guía de pasos y acata las normas. Los resultados que se dan con este modelo de aprendizaje son memorísticos, para luego transmitirlos o aplicarlos”. Sin comentarios.

Con base en los ejemplos anteriores, se puede afirmar que cada uno entiende por “enseñanza tradicional” lo que quiere entender, de acuerdo con la tesis que vaya a defender después.

Por otra parte, y sin ánimo de desmerecer las aportaciones, destaca el hecho de que varias de las publicaciones analizadas *no presentan resultados* de ningún tipo o *no evalúan las propuestas metodológicas* de ningún modo (de Pro Bueno & Saura Llamas, 1996; Domínguez Navarro et al., 2008; Hernando Palacios, 2014; López et al., 2013; Mina & Moore, 2010; Parra León et al., 2014). Entre las que sí lo hacen, tanto el tamaño de la muestra (n.º de participantes) como el tiempo de aplicación de las propuestas metodológicas suelen ser bajos (Tabla 6), por lo que los resultados deben interpretarse con la debida prudencia.

Tabla 6: Número de participantes y tiempo de aplicación de las propuestas metodológicas de la revisión bibliográfica

Referencia	Etapas (curso)	N.º de participantes	Tiempo de aplicación
(Rodríguez Moreno et al., 2020)	Educación infantil (3.º)	33 niños	Una unidad didáctica
(Ortiz Revilla & Greca, 2017)	Educación primaria (6.º)	23 alumnos	7 semanas
(Méndez Coca, 2013)	ESO (3.º)	73 alumnos	8 semanas
(Guisasola Aranzábal et al., 2008)	Bachillerato	45 alumnos	No se implementa una propuesta
	Universidad (1.º)	53 alumnos	
	Universidad (3.º)	63 alumnos	
	Total	161 alumnos	
(Solano Macías, 2004)	Bachillerato (1.º)	151 alumnos	Una unidad didáctica
(Gunstone et al., 2009)	Bachillerato (2.º)	8 profesores 3 autores de libros de texto	No se implementa una propuesta
(Iturregi et al., 2017)	Universidad (2.º, 3.º, 4.º)	No se indica	Un semestre
(Lei et al., 2012)	Universidad	141 alumnos	13 semanas
(Gómez-Tejedor, Vidaurre, Tort-Ausina, Molina-Mateo, et al., 2020)	Universidad	1233 alumnos	4 cursos
(Parra León et al., 2014)	Universidad (2.º, 5.º)	35 alumnos	No se implementa una propuesta
(González-Gómez et al., 2017)	Universidad (4.º)	124 alumnos	2 h

## 4. Metodología y desarrollo

En cuanto a la metodología y desarrollo, se van a explicar, por una parte, la metodología utilizada para llevar a cabo la revisión bibliográfica y, por otra parte, el desarrollo de un cuestionario sobre electrotecnia con el que se pretende investigar algunas de las dificultades de aprendizaje extraídas de la revisión bibliográfica.

### 4.1. Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica se ha basado en publicaciones del campo de la investigación educativa, obtenidas de las bases de publicaciones “Scopus” e “IEEEXplore” y de motores de búsqueda. En la Sección 3.2 (p. 12) se ha procurado explicar con concisión el contenido de cada referencia, estableciendo una clasificación por temas (sintetizada en la Tabla 2, p. 13) para relacionar las publicaciones entre sí. Finalmente, en la Sección 3.3 (p. 27) se ha llevado a cabo una reflexión crítica sobre algunos aspectos de la revisión bibliográfica. Las traducciones de citas textuales de artículos escritos en inglés son propias.

Algunas de las palabras clave utilizadas en la búsqueda de publicaciones fueron: “artículo didáctica electricidad”, “electrical technology teaching”, “abp electricity” o “circuitos eléctricos primaria”. En la Tabla 7 se sintetizan los criterios de inclusión y exclusión aplicados para seleccionar los trabajos analizados.

*Tabla 7: Criterios de inclusión y exclusión de la revisión bibliográfica*

<b>Criterios de inclusión</b>	<b>Criterios de exclusión</b>
Publicaciones de revistas o congresos educativos	Libros o capítulos de libro
Trabajos fin de grado, fin de máster y tesis doctorales	Programaciones didácticas o guías docentes
Idiomas español e inglés	Vídeos

En la Tabla 8 (p. 31) se muestran las revistas, congresos o trabajos (fin de grado, fin de máster o tesis) que corresponden a cada referencia. Se ha procurado lograr un equilibrio en el número de publicaciones seleccionadas, atendiendo en cada una de ellas a la etapa educativa que trata, su temática y el carácter nacional o internacional de la revista o congreso asociado.

Tabla 8: Relación de publicaciones y revistas, congresos o trabajos

Referencia	Etapa educativa			Revista, congreso o trabajo
	Infantil/ primaria	ESO/ bachillerato	Universidad	
(Rodríguez Moreno, de Pro Cherenguini, & de Pro Bueno, 2020)	•			Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias
(López, Guerra, & Pulido, 2013)	•			Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas
(Ortiz Revilla & Greca, 2017)	•			Revista de enseñanza de la física
(Iradi Mateo, 2019)		•		Trabajo fin de máster - Universidad Internacional de La Rioja
(Méndez Coca, 2013)		•		Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas
(de Pro Bueno & Saura Llamas, 1996)		•		Investigación en la Escuela
(Guisasola Aranzábal, Zubimendi, Almodí García, & Ceberio, 2008)		•	•	Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas
(Solano Macías, 2004)	•	•	•	Tesis doctoral - Universidad de Extremadura
(Gunstone, Mulhall, & McKittrick, 2009)		•		Research in Science Education
(Domínguez Navarro, Carod Pérez, & Velilla Marco, 2008)			•	II Jornadas de innovación docente, tecnologías de la información y de la comunicación e investigación educativa en la Universidad de Zaragoza
(Iturregi, Mate, Larruskain, Abarrategui, & Etxegarai, 2017)			•	IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON
(Lei et al., 2012)			•	Proceedings of IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering, TALE 2012
(Gómez-Tejedor, Vidaurre, Tort-Ausina, Molina-Mateo, et al., 2020)			•	Computers and Education
(Ravishankar, Epps, Ladouceur, Eaton, & Ambikairajah, 2015)			•	Proceedings of IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering: Learning for the Future Now, TALE 2014
(Mina & Moore, 2010)			•	Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE
(Hernando Palacios, 2014)			•	Praxis Pedagógica
(Parra León, Duarte, & Fernández Morales, 2014)			•	Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación
(González-Gómez, Airado, & Jeong, 2017)			•	Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales

## 4.2. Cuestionario sobre electrotecnia

Uno de los aspectos detectados en la revisión bibliográfica (Sección 3.2, p. 12) es la existencia de dificultades de aprendizaje —también llamadas preconcepciones, creencias o teorías implícitas— en el campo de la electrotecnia a lo largo de diferentes niveles educativos. Por este motivo, se ha decidido llevar a cabo un pequeño trabajo de investigación y análisis sobre algunas dificultades de aprendizaje existentes en el campo de la electrotecnia. Para ello se ha elaborado un cuestionario que pretende recopilar información acerca del grado de comprensión de varios conceptos básicos de electrotecnia en diferentes grupos de estudio, estableciendo estos según el nivel formativo. En esta sección se explica la elaboración, difusión y análisis del cuestionario

### 4.2.1. Grupos de estudio

Se han planteado cinco grupos de estudio, atendiendo a la formación académica de quienes responden las preguntas (Tabla 9). El motivo de esta clasificación reside en la importancia que los conocimientos previos tienen para la asimilación de nuevos contenidos —y en consecuencia para el desarrollo o no de dificultades de aprendizaje—, de tal manera que esta división es necesaria para poder interpretar adecuadamente los resultados del cuestionario.

*Tabla 9: Nombre y descripción de los grupos de estudio*

Nombre del grupo	Descripción
Grupo 1	Ingeniero, arquitecto, ingeniero técnico, arquitecto técnico o similar
Grupo 2	Licenciado/graduado en ciencias (matemáticas, física, química o similar)
Grupo 3	Maestro de infantil, de primaria o de EGB
Grupo 4	Formación profesional del ámbito industrial (mecánica, electricidad, electrónica o similar)
Grupo 5	Otros (carreras universitarias o FP no mencionadas anteriormente, ESO, bachillerato, EGB, BUP, COU, etc.)

### 4.2.2. Recogida de datos

Como instrumento de recogida de datos, se ha elaborado un cuestionario con cuatro preguntas de elección múltiple y se ha implementado en un formulario de Google. El planteamiento busca obtener el mayor número posible de respuestas entre quienes reciben el enlace, por lo que se ha minimizado el número de

preguntas y estas se han planteado de elección múltiple, requiriendo así el mínimo esfuerzo por parte de quien responde. Para evitar duplicidades, se ha marcado la opción por la cual cada usuario, identificado mediante su correo electrónico de forma anónima, solo puede responder una vez.

Mediante las cuestiones propuestas se pretende analizar las creencias sobre electrotecnia que se indican en la Tabla 10 —algunas de ellas han sido mencionadas o analizadas en referencias de la revisión—, así como el grado de seguridad que el sujeto tiene en sus respuestas.

*Tabla 10: Relación de preguntas, concepciones sobre electrotecnia y referencias*

N.º pregunta	Concepción sobre electrotecnia	Referencias
1	Concepción de la carga eléctrica como propiedad de la materia o como partícula	(de Pro Bueno & Saura Llamas, 1996)
2	Concepción de la electricidad como fluido o como movimiento de materia (partículas o átomos)	(de Pro Bueno & Saura Llamas, 1996; González-Gómez et al., 2017; Guisasola Aranzábal et al., 2008; Solano Macías, 2004)
3	Comprensión intuitiva de los circuitos serie y paralelo, concretamente acerca de la necesidad de que exista un camino cerrado para que haya corriente eléctrica	(Solano Macías, 2004)
4		

En el Anexo I. (p. 46) se incluye el formulario utilizado para difundir el cuestionario, adjuntando imágenes que representan cómo los usuarios lo veían (enunciados de las preguntas y opciones de respuesta).

### **4.2.3. Resultados**

En esta subsección se explican los principales resultados del cuestionario sobre dificultades en el aprendizaje de la electrotecnia. En el Anexo II. (p. 51) se incluyen todos los resultados mediante tablas.

En primer lugar, se debe estudiar el tamaño de la muestra analizada y la distribución de los participantes en los diferentes grupos, establecidos estos en la Tabla 9 (p. 32). En la Figura 4 (p. 34) se muestran los tamaños de la muestra (n.º de participantes) para cada grupo. Se ha obtenido un total de 119 respuestas, ¡gracias a todos los que participaron!



*Figura 4: Tamaño muestral por grupos*

Se han calculado las tasas de aciertos y de seguridad, para cada pregunta y grupo, de acuerdo con las Ecuaciones 2 y 3.

$$Tasa\ de\ aciertos = \frac{n.\ ^\circ\ de\ aciertos}{n.\ ^\circ\ de\ respuestas} \quad (2)$$

$$Tasa\ de\ seguridad = \frac{n.\ ^\circ\ de\ síes\ en\ seguridad}{n.\ ^\circ\ de\ respuestas} \quad (3)$$

En la Figura 5 (p. 35) se muestra la tasa de aciertos mediante un diagrama de barras, representando las preguntas en el eje horizontal. Se observa que los grupos 1 y 2 obtienen mejores resultados en las preguntas 3 y 4, las cuales podrían calificarse como prácticas, frente a la 1 y la 2, que serían más teóricas. A nivel global, las tasas de acierto de estos grupos, especialmente en el caso del grupo 1, pueden considerarse demasiado bajas teniendo en cuenta el nivel de formación que se presupone. En el grupo 5 destaca la gran diferencia entre las preguntas 3 y 4 (circuitos en serie y en paralelo, respectivamente), lo cual da lugar a pensar que no se entiende la *necesidad* de que exista un camino cerrado para que circule corriente, de manera que se asocia el paso de corriente a la simple “conexión física” de dos cables que, de un modo u otro, unen las bombillas con la pila. Los resultados de los grupos 3 y 4 no pueden considerarse especialmente representativos, dado el bajo tamaño de las muestras (Figura 4), pero sugieren la necesidad de investigar más sobre estos colectivos a los que también se les supone una cierta formación en electrotecnia, especialmente en el caso del grupo 4 (FP del ámbito industrial).

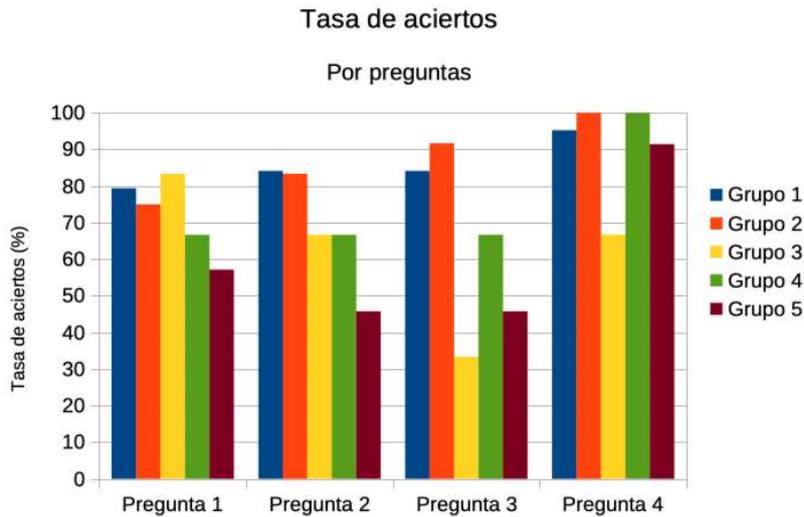


Figura 5: Tasa de aciertos, por preguntas

En la Figura 6 se muestra un diagrama de barras análogo al anterior, representando en este caso la tasa de seguridad. En todos los grupos, salvo el 2, existe una “falsa seguridad” en relación a la tercera pregunta (circuito en serie): hay más participantes seguros de su respuesta que aciertos. Para analizar más detalladamente la relación entre los aciertos y la seguridad en la respuesta, se define el *índice de seguridad* mediante la Ecuación 4.

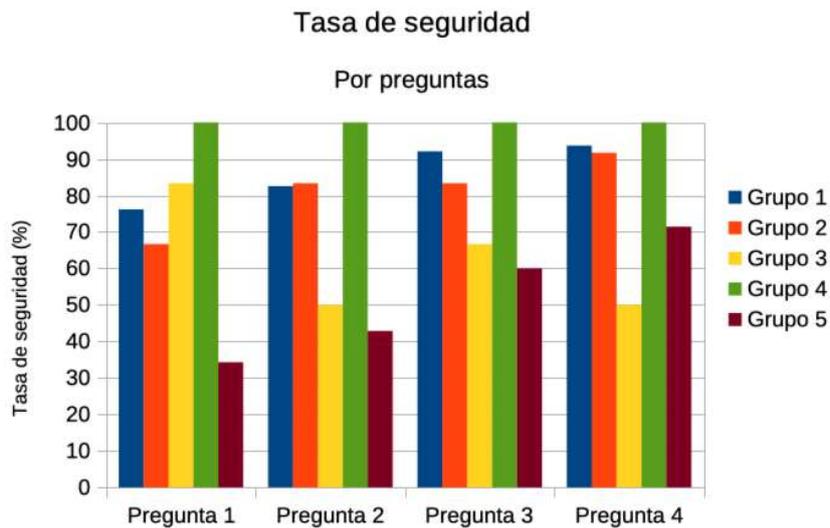


Figura 6: Tasa de seguridad, por preguntas

$$\text{Índice de seguridad} = \frac{n.^{\circ} \text{ de síes en seguridad}}{n.^{\circ} \text{ de aciertos}} \quad (4)$$

El índice de seguridad es una medida de, partiendo del número de aciertos, cuántos participantes estaban seguros de su respuesta. En consecuencia, pueden darse los casos recogidos en la Ecuación 5. En la Tabla 11 se muestran los índices de seguridad calculados para cada pregunta y grupo: se corrobora la falsa seguridad con la tercera pregunta (circuito en serie) en todos los grupos salvo el 2, y destaca también el bajo valor del grupo 5 en la primera pregunta (concepto de carga eléctrica). Los valores de los grupos 3 y 4 vienen condicionados por el bajo tamaño muestral (Figura 4, p. 34).

La explicación a esta falsa seguridad, salvo en el grupo 2, puede encontrarse, de acuerdo con los modelos conceptuales de corriente propuestos por Solano Macías (2004) y citados en la página 18, en un cierto arraigo del modelo unipolar (la corriente circula solo desde un polo de la pila hasta la bombilla), lo que lleva a responder, en la mayoría de contestaciones erróneas, que se encenderían las bombillas de la izquierda y la derecha (Figura 7, p. 37). En cuanto a los resultados del grupo 5 en la primera pregunta (concepto de carga), se tiene que un 11,4 % considera que la carga es “un tipo de partícula que se encuentra en las pilas y en los generadores”, y un 31,4 % considera que va asociada únicamente a fenómenos de electricidad estática. Este último valor puede deberse a que se trataba de una opción de respuesta notablemente más larga que las demás, y es una creencia generalizada pensar que en un test la respuesta más larga es la correcta.

$$\text{Índice de seguridad} \begin{cases} <1 \Rightarrow \text{acierto casual o por descarte} \\ =1 \Rightarrow \text{seguridad} \\ >1 \Rightarrow \text{falsa seguridad} \end{cases} \quad (5)$$

Tabla 11: Índice de seguridad para cada pregunta y grupo

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4
Grupo 1	0.96	0.98	1.09	0.98
Grupo 2	0.89	1.00	0.91	0.92
Grupo 3	1.00	0.75	2.00	0.75
Grupo 4	1.50	1.50	1.50	1.00
Grupo 5	0.60	0.94	1.31	0.78

### Respuestas a la pregunta 3

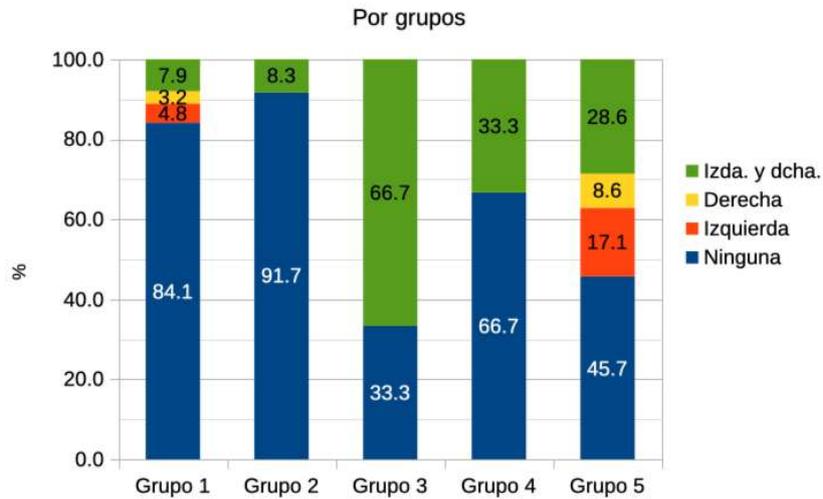


Figura 7: Respuestas a la tercera pregunta (circuito en serie)

Al contar con el mismo denominador, pueden calcularse las tasas de acierto y de seguridad medias de cada grupo, representando así el desempeño global en el cuestionario. En la Figura 8 se muestra un diagrama de barras al respecto. La mayor disparidad entre ambas tasas se da en el grupo 4, pero no pueden obtenerse conclusiones relevantes por el bajo tamaño muestral. En el resto de grupos las tasas son muy similares: esto es representativo de un cierto nivel de metacognición entre los participantes, es decir, aquellos que acertaron sabían que iban a acertar, o lo que es lo mismo, quienes tenían bien asimilados los conceptos eran conscientes de ello, no dando lugar de media a aciertos casuales o a una falsa seguridad.

### Tasa de aciertos y tasa de seguridad

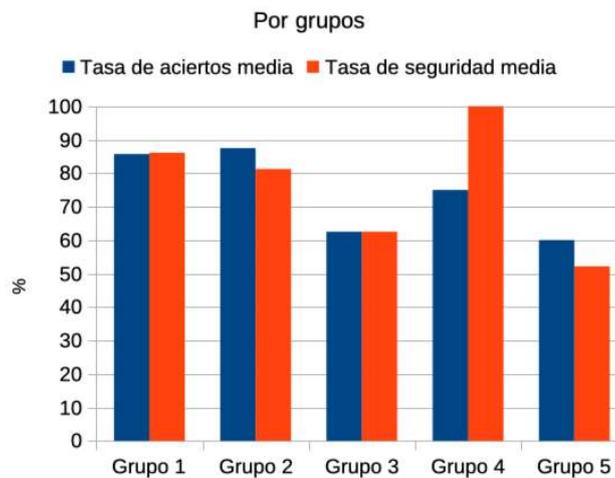


Figura 8: Tasa de aciertos y tasa de seguridad, por grupos

Adicionalmente, se ha comprobado que con base en los resultados obtenidos no se obtiene ninguna correlación entre la tasa de aciertos y la tasa de seguridad.

También para analizar globalmente el desempeño en el cuestionario, en la Figura 9 se muestra el porcentaje de personas que, en cada grupo, cuenta con un determinado número de aciertos<sup>11</sup>. Los fallos de los grupos 1 y 2, de acuerdo con la Figura 5 (p. 35), residen mayormente en las preguntas de teoría (1 y 2). En el grupo 5, a las preguntas anteriores se les une la tercera (circuito en serie). Esto denota que, en general, existe una mejor comprensión del funcionamiento de los circuitos que de la teoría subyacente. Este fenómeno resulta especialmente relevante en el grupo 1 (ingenieros y arquitectos): menos del 60 % de participantes obtiene pleno de aciertos, lo que resulta preocupante ya que este grupo ha contado en sus estudios superiores con una formación específica en electrotecnia, y amplia según el caso. A futuro, podría subdividirse este grupo para estudiar la contribución de los distintos tipos de ingeniería y de la arquitectura.

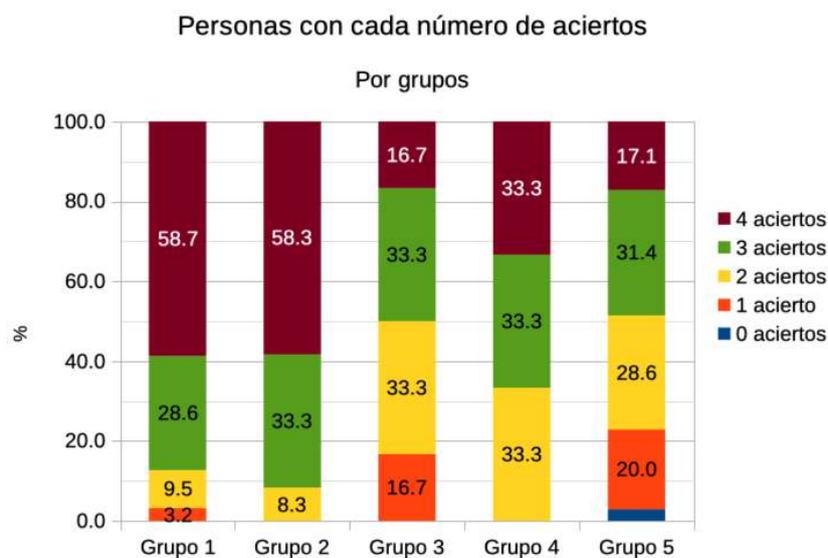


Figura 9: Personas con cada número de aciertos (%), por grupos

En definitiva, y con base en los resultados obtenidos, parece necesario profundizar en las dificultades de aprendizaje de la electrotecnia y, en su caso, revisar las estrategias docentes, tanto en la enseñanza obligatoria como en la universidad. Queda de manifiesto que, en algunos casos, no se comprenden con suficiente seguridad aspectos muy básicos y esenciales de la electrotecnia, lo cual es especialmente relevante en profesiones técnicas.

<sup>11</sup> Las Figuras 5 y 6 (p. 35) reflejan el desempeño *pregunta a pregunta* para cada grupo. Las Figuras 8 y 9 (pp. 37 y 38), mediante el número de aciertos reflejan, sin embargo, el desempeño *global* en el cuestionario al considerar conjuntamente todas las preguntas.

## 5. Conclusiones

En este TFM se ha desarrollado un estado del arte sobre didáctica de la electrotecnia. Se ha comenzado situando la enseñanza de la electrotecnia en los sistemas escolar y universitario españoles, a partir de un breve análisis de la legislación educativa desde 1970. Seguidamente, se ha realizado una revisión bibliográfica, abarcando diferentes niveles educativos, desde la educación infantil hasta la universidad. A partir de referencias en el campo de la investigación educativa, obtenidas de bases de datos y motores de búsqueda de publicaciones, se han establecido relaciones entre los estudios ya realizados sobre la materia, clasificándolos de acuerdo con la etapa educativa en la que se contextualizan, la temática y la presentación o no de resultados de investigación. Después, se ha planteado una reflexión crítica sobre algunas cuestiones observadas durante la revisión. En el proceso de lectura y análisis de la bibliografía se ha constatado la existencia de algunas dificultades de aprendizaje en electrotecnia, sobre las cuales se ha profundizado elaborando y difundiendo un cuestionario. Los resultados muestran que, en algunos casos, no se comprenden con suficiente seguridad aspectos muy básicos y esenciales de la electrotecnia.

Por último, reiterar el agradecimiento del autor a todas las personas que respondieron el cuestionario. Aunque suene a tópico, no por ello es menos cierto que este trabajo no habría sido posible sin ellos.

## 6. Líneas futuras

Para finalizar, se plantean algunas líneas futuras que podrían derivarse del trabajo realizado:

- Profundizar más en la revisión bibliográfica, analizando un número de publicaciones mayor.
- Perfeccionar y ampliar el cuestionario sobre didáctica de electrotecnia, incluyendo un tamaño de muestra más amplio, recopilando más datos de los participantes (edad, sexo, etc.) y ampliando del número de preguntas.
- Investigar en detalle la didáctica de la electrotecnia en el ámbito de la formación profesional, para la familia de electricidad y electrónica y más allá de los proyectos de innovación. Podrían estudiarse, por ejemplo mediante cuestionarios y entrevistas, las dificultades de aprendizaje, la eficacia de ciertas metodologías, posibles correlaciones entre la comprensión de los conceptos y el desarrollo de las habilidades prácticas, el nivel de conocimientos previos del alumnado, etc.
- Desarrollar una propuesta didáctica para la enseñanza de la electrotecnia, basada en los resultados de la investigación (revisión bibliográfica y cuestionario), implementándola en un centro y llevando a cabo una evaluación de la misma.

## Referencias

Aragón contará en 2019 con 70 nuevos proyectos de innovación en FP - CIFPA. (2018). Recuperado 22 de mayo de 2021, de [https://cifpa.aragon.es/jornada\\_innovacion\\_fp/](https://cifpa.aragon.es/jornada_innovacion_fp/)

Ayudas destinadas a la realización de proyectos de innovación aplicada y transferencia del conocimiento en la formación profesional del sistema educativo | Ministerio de Educación y Formación Profesional. (s. f.). Recuperado 16 de junio de 2021, de <https://www.educacionyfp.gob.es/servicios-al-ciudadano/catalogo/general/19/1931646/ficha/1931646-2019.html>

Convocatoria 2019 - 2020 - Centro Innovación Formación Profesional de Aragón. (s. f.). Recuperado 16 de junio de 2021, de <https://cifpa.aragon.es/innovacion/proyectos/autonomicos/convocatoria-19-20/>

de Pro Bueno, A., & Saura Llamas, O. (1996). Una propuesta metodológica para la enseñanza y el aprendizaje de la Electricidad y el Magnetismo en Educación Secundaria. *Investigación en la Escuela*, (28), 79-94. <https://doi.org/10.12795/IE.1996.I28.06>

Domínguez Navarro, J. A., Carod Pérez, E.-S., & Velilla Marco, M. J. (2008). Comparativa entre el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en problemas. *II Jornadas de innovación docente, tecnologías de la información y de la comunicación e investigación educativa en la Universidad de Zaragoza*, 1-6. Recuperado de <http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1J9HKH72N-9B9GQG-T9F/Información adjunta 3.pdf>

EFINNOVA - Proy. MEFP - IES Politécnico. (s. f.). Recuperado 22 de mayo de 2021, de <http://www.iespolitecnico.es/efinnova-proy-mefp/>

Electricidad y Electrónica - TodoFP | Ministerio de Educación y Formación Profesional. (s. f.). Recuperado 14 de junio de 2021, de <https://www.todofp.es/en/que-como-y-donde-estudiar/que-estudiar/familia/loe/electricidad-electronica.html>

Energía inclusiva: proyecto de innovación en FP seleccionado por el Ministerio de Educación y Formación Profesional - ENSOVAL Renovables. (s. f.). Recuperado 22 de mayo de 2021, de <http://www.ensoval.com/energia-inclusiva-proyecto-de-innovacion-en-fp-seleccionado-por-el-ministerio-de-educacion-y-formacion-profesional/>

España. Ley 14/1970, de 4 de agosto, General de Educación y Financiamiento de la Reforma Educativa.

Boletín Oficial del Estado, 6 de agosto de 1970, núm. 187, pp. 12525 a 12546. Recuperado 13 de junio de 2021, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1970-852>

España. Real Decreto 1179/1992, de 2 de octubre, por el que se establece el currículo del Bachillerato.

Boletín Oficial del Estado, 21 de octubre de 1992, núm. 253, pp. 35585 a 35588. Recuperado 6 de junio de 2021, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1992-23406>

España. Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. Boletín Oficial del Estado, 6 de noviembre de 2007, núm. 266, pp.

45381 a 45477. Recuperado 6 de junio de 2021, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-19184>

España. Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. Boletín Oficial del Estado, 1 de marzo de 2014, núm. 52, pp. 19349 a 19420. Recuperado 13

de junio de 2021, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2014-2222>

España. Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la

Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 3 de enero de 2015, núm. 3, pp. 169 a 546. Recuperado 6 de junio de 2021, de [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-37](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-37)

España. Orden de 22 de marzo de 1975 por la que se desarrolla el Decreto 160/1975, de 23 de enero, que

aprueba el Plan de Estudios del Bachillerato, y se regula el Curso de Orientación Universitaria. Boletín Oficial del Estado, 18 de abril de 1975, núm. 93, pp. 8049 a 8068. Recuperado 6 de junio de 2021, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1975-8175>

*Evaluación para determinar la correspondencia de los títulos oficiales de arquitectura, ingeniería,*

*licenciatura, arquitectura técnica, ingeniería técnica y diplomatura a los niveles del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior* (p. 26). (2015). Recuperado de

<http://www.culturaydeporte.gob.es/dam/jcr:2de71f11-ae1e-42a9-bfbf-da7d95af4965/if-iti-electricidad-aneca.pdf>

Gómez-Tejedor, J. A., Vidaurre, A., Tort-Ausina, I., Mateo, J. M., Serrano, M. A., Meseguer-Dueñas, J. M., ...

Riera, J. (2020). Data set on the effectiveness of flip teaching on engineering students' performance in

the physics lab compared to Traditional Methodology. *Data in Brief*, 28.

<https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104915>

Gómez-Tejedor, J. A., Vidaurre, A., Tort-Ausina, I., Molina-Mateo, J., Serrano, M. A., Meseguer-Dueñas, J. M., ... Riera, J. (2020). Effectiveness of flip teaching on engineering students' performance in the physics lab. *Computers and Education*, 144(September 2019).

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103708>

González-Gómez, D., Airado, D., & Jeong, J. . (2017). Persistencia de concepciones alternativas sobre Electricidad en Maestros en Formación. *Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (September 2016), 1223-1229.

Guisasola Aranzábal, J., Zubimendi, J. L., Almodí García, J. M., & Ceberio, M. (2008). Dificultades persistentes en el aprendizaje de la Electricidad; Estrategias de razonamiento de los estudiantes al explicar fenómenos de carga eléctrica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 26(2), 177-192. Recuperado de

<https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/118093>

Gunstone, R., Mulhall, P., & McKittrick, B. (2009). Physics teachers' perceptions of the difficulty of teaching electricity. *Research in Science Education*, 39(4), 515-538. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9092-y>

Hernando Palacios, Á. (2014). Síntesis de la problematización en el aprendizaje de la electricidad y los circuitos eléctricos en contextos universitarios. *Praxis Pedagógica*, 14(15), 209-217.

<https://doi.org/10.26620/uniminuto.praxis.14.15.2014.209-217>

Innovación en FP en Aragón: de una casa del futuro sostenible a los productos hortícolas autóctonos. (2019, octubre 21). *Heraldo de Aragón*. Recuperado de

<https://www.heraldo.es/noticias/aragon/2019/10/21/innovacion-en-fp-en-aragon-de-una-casa-del-futuro-sostenible-a-los-productos-horticolos-autoctonos-1339577.html>

Iradi Mateo, G. (2019). *Metodología Flipped Classroom aplicada a circuitos eléctricos en Tecnología de 2º de E.S.O.* Universidad Internacional de La Rioja.

Iturregi, A., Mate, E., Larruskain, D. M., Abarrategui, O., & Etxegarai, A. (2017). Work in progress: Project-based learning for electrical engineering. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, (April), 464-467. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2017.7942888>

- Lei, C. U., Kwok-Hay So, H., Lam, E. Y., Wong, K. K. Y., Kwok, R. Y. K., & Chan, C. K. Y. (2012). Teaching introductory electrical engineering: Project-based learning experience. *Proceedings of IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering, TALE 2012*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/TALE.2012.6360320>
- López, D., Guerra, M., & Pulido, L. (2013). Enseñanza de la energía eléctrica en educación primaria: desarrollo de una unidad didáctica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 0(Extra), 2002-2007.
- Máquina de Rube Goldberg - Wikipedia, la enciclopedia libre. (s. f.). Recuperado 22 de mayo de 2021, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Máquina\\_de\\_Rube\\_Goldberg](https://es.wikipedia.org/wiki/Máquina_de_Rube_Goldberg)
- Méndez Coca, D. (2013). El aprendizaje cooperativo y la enseñanza tradicional en electricidad y magnetismo en secundaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 0(Extra), 2297-2302.
- Mina, M., & Moore, A. W. (2010). Work in progress - Using cognitive development approaches in teaching electrical engineering concepts. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, 40-41. <https://doi.org/10.1109/FIE.2010.5673626>
- Ortiz Revilla, J., & Greca, I. (2017). Diseño, aplicación y evaluación de una propuesta de enseñanza de electricidad y magnetismo mediante indagación para la escuela primaria. *Revista de enseñanza de la física*, 29(1), 25-39.
- Parra León, L. F., Duarte, J. E., & Fernández Morales, F. H. (2014). Propuesta didáctica para la enseñanza de circuitos eléctricos básicos. *Revista De Investigación, Desarrollo E Innovación*, 4(2), 138. <https://doi.org/10.19053/20278306.2891>
- Ravishankar, J., Epps, J., Ladouceur, F., Eaton, R., & Ambikairajah, E. (2015). Using iPads/Tablets as a teaching tool: Strategies for an electrical engineering classroom. *Proceedings of IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering: Learning for the Future Now, TALE 2014*, (December), 246-251. <https://doi.org/10.1109/TALE.2014.7062634>
- Rodríguez Moreno, J., de Pro Cherenguini, C., & de Pro Bueno, A. (2020). ¿Qué se puede aprender «Jugando con la electricidad» en Educación Infantil? *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 17(2), 1-16. [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2020.v17.i2.2203](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i2.2203)

Solano Macías, F. (2004). *Enseñanza de la electricidad desde una perspectiva constructivista en los diferentes niveles del sistema educativo: determinación de preconcepciones y propuesta de la utilización de nuevas metodologías didácticas para su corrección* (Universidad de Extremadura). Recuperado de <http://dehesa.unex.es:8080/xmlui/handle/10662/456>

## Anexos

### Anexo I. Cuestionario breve sobre electrotecnia

Se incluye a continuación el formulario utilizado para implementar el cuestionario sobre electrotecnia. Las opciones de respuesta correctas se señalan en las imágenes con un tick. Como puede observarse en las Figuras 16 y 17, tras la realización del cuestionario el usuario podía acceder a una ventana donde se incluían unas breves explicaciones con fines didácticos. Se trataba de la misma explicación, fuese la respuesta correcta o incorrecta, la única diferencia residía en que el *feedback* de las primeras comenzaba por “¡Correcto!”.

The image shows a screenshot of a web-based questionnaire. At the top, the title 'Cuestionario breve sobre electrotecnia' is displayed in a purple header. Below the title, there is introductory text: '¡Son solo cuatro preguntas de tipo test!', 'Para mi trabajo fin de máster (TFM).', 'Autor: Víctor Ballestín Bernad', 'Titulación: Máster en Profesorado', and 'Universidad de Zaragoza'. A thank you message '¡Muchas gracias por responder!' and a red asterisk '\*Required' are also present. The main question is 'Elija la opción que mejor refleje su máximo nivel de estudios: \*'. A dropdown menu is open, showing a list of educational levels: 'Ingeniero, arquitecto, ingeniero técnico, arquitecto técnico o similar', 'Licenciado/graduado en ciencias (matemáticas, física, química o similar)', 'Maestro de infantil, de primaria o de EGB', 'Formación profesional del ámbito industrial (mecánica, electricidad, electrónica o similar)', and 'Otros (carreras universitarias o FP no mencionadas anteriormente, ESO, bachillerato, EGB, BUP, COU, etc.)'. The first option is selected, indicated by a small tick mark.

Figura 10: Vista de la elección de estudios

Pregunta 1/4

¿Qué es la carga eléctrica? \*

- Un tipo de partícula que se encuentra en los cables.
- Un tipo de partícula que se encuentra en las pilas y en los generadores.
- Una propiedad de la materia.
- Un fenómeno que solo se pone de manifiesto en la electricidad estática (por ejemplo, cuando frotamos un bolígrafo con un jersey y luego podemos atraer pequeños trozos de papel).

¿Está seguro de que su respuesta es correcta? \*

- Sí
- No

Back Next

Page 2 of 5

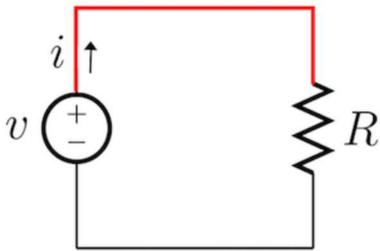
This form was created inside Universidad de Zaragoza. [Report Abuse](#)

Google Forms

Figura 11: Vista de la pregunta 1

Pregunta 2/4

¿Qué es la corriente eléctrica ( $i$ , según la imagen adjunta)? \*



- Un fluido de tipo eléctrico que se mueve por un cable.
- Un flujo de átomos por un cable.
- Un flujo de átomos por un cable, solo desde la fuente hasta el receptor (es decir, solo por la parte roja en la imagen adjunta).
- Un flujo de cargas eléctricas en un material.

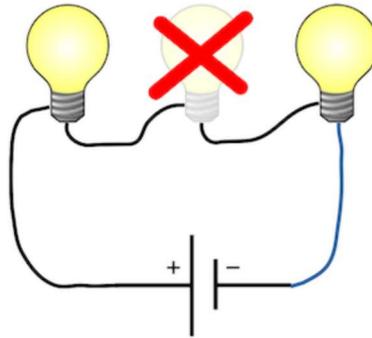
¿Está seguro de que su respuesta es correcta? \*

- Sí
- No

Figura 12: Vista de la pregunta 2

Pregunta 3/4

En el siguiente circuito se funde la bombilla de en medio. ¿Cuáles siguen luciendo? \*



- Ninguna.
- Solo la de la izquierda.
- Solo la de la derecha.
- La de la izquierda y la de la derecha.

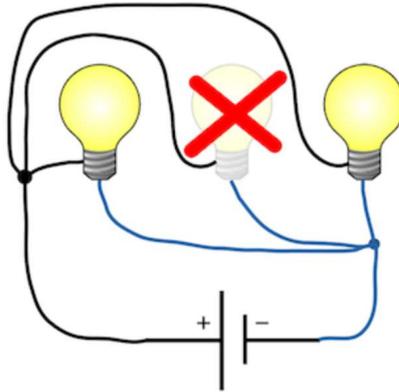
¿Está seguro de que su respuesta es correcta? \*

- Sí
- No

Figura 13: Vista de la pregunta 3

Pregunta 4/4

En el siguiente circuito se funde la bombilla de en medio. ¿Cuáles siguen luciendo? \*



- Ninguna.
- Solo la de la izquierda.
- Solo la de la derecha.
- La de la izquierda y la de la derecha.

¿Está seguro de que su respuesta es correcta? \*

- Sí
- No

Figura 14: Vista de la pregunta 4

## Cuestionario breve sobre electrotecnia

¡Muchas gracias por responder!

[View accuracy](#)

This form was created inside Universidad de Zaragoza. [Report Abuse](#)

Google Forms

Figura 15: Vista tras responder la última pregunta

Pregunta 1/4

¿Qué es la carga eléctrica? \*

- Un tipo de partícula que se encuentra en los cables.
- Un tipo de partícula que se encuentra en las pilas y en los generadores.
- Una propiedad de la materia.
- Un fenómeno que solo se pone de manifiesto en la electricidad estática (por ejemplo, cuando frotamos un bolígrafo con un jersey y luego podemos atraer pequeños trozos de papel).

Correct answer

- Una propiedad de la materia.

**Feedback**

*Basándonos en la ley de Coulomb, podríamos decir que la carga eléctrica es una propiedad de la materia que se pone de manifiesto en la atracción de cargas diferentes (positiva y negativa) y en la repulsión de cargas iguales.*

Figura 16: Vista de la pregunta 1 junto al feedback

**Feedback**

*¡Correcto! Las cargas eléctricas también se conocen como "portadores de carga" y, cuando se trata de un cable, son los electrones del metal. No son ningún fluido ni lo que se mueve son átomos.*

**Feedback**

*¡Correcto! Si se funde la bombilla de en medio, no hay ningún camino cerrado para que la corriente salga de la pila y retorne a ella, luego no se enciende ninguna bombilla.*

**Feedback**

*Aunque se funda la bombilla de en medio, las bombillas de la izquierda y la derecha tienen caminos cerrados para que la corriente entre y salga de la fuente pasando por cada una de ellas, luego se encienden.*

Figura 17: Vistas del feedback de las preguntas 2, 3 y 4 ante, respectivamente, una respuesta correcta, correcta e incorrecta

## Anexo II. Resultados del cuestionario

En este anexo se incluyen los principales resultados del cuestionario, en forma de tablas.

Tabla 12: Tamaño muestral

TAMAÑO MUESTRAL		
	Tamaño muestra	%
Grupo 1	63	52.9
Grupo 2	12	10.1
Grupo 3	6	5.0
Grupo 4	3	2.5
Grupo 5	35	29.4
Total	119	100

Tabla 13: Tasa de aciertos

TASA DE ACIERTOS = n.º aciertos / n.º respuestas					
	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Media
Grupo 1	79.4	84.1	84.1	95.2	85.7
Grupo 2	75.0	83.3	91.7	100.0	87.5
Grupo 3	83.3	66.7	33.3	66.7	62.5
Grupo 4	66.7	66.7	66.7	100.0	75.0
Grupo 5	57.1	45.7	45.7	91.4	60.0
Total	72.3	71.4	70.6	93.3	76.9

Tabla 14: Tasa de seguridad

TASA DE SEGURIDAD = n.º síes en seguridad / n.º respuestas					
	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Media
Grupo 1	76.2	82.5	92.1	93.7	86.1
Grupo 2	66.7	83.3	83.3	91.7	81.3
Grupo 3	83.3	50.0	66.7	50.0	62.5
Grupo 4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Grupo 5	34.3	42.9	60.0	71.4	52.1
Total	63.9	69.7	80.7	84.9	74.8

Tabla 15: Índice de seguridad

ÍNDICE DE SEGURIDAD = n.º síes en seguridad / n.º respuestas				
	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4
Grupo 1	0.96	0.98	1.09	0.98
Grupo 2	0.89	1.00	0.91	0.92
Grupo 3	1.00	0.75	2.00	0.75
Grupo 4	1.50	1.50	1.50	1.00
Grupo 5	0.60	0.94	1.31	0.78

Tabla 16: Personas con cada número de aciertos

PERSONAS CON CADA NÚMERO DE ACIERTOS (%)					
	0 aciertos	1 acierto	2 aciertos	3 aciertos	4 aciertos
Grupo 1	0.0	3.2	9.5	28.6	58.7
Grupo 2	0.0	0.0	8.3	33.3	58.3
Grupo 3	0.0	16.7	33.3	33.3	16.7
Grupo 4	0.0	0.0	33.3	33.3	33.3
Grupo 5	2.9	20.0	28.6	31.4	17.1

Tabla 17: Personas con cada número de síes en seguridad

PERSONAS CON CADA NÚMERO DE SÍES EN SEGURIDAD (%)					
	0 síes	1 sí	2 síes	3 síes	4 síes
Grupo 1	3.2	1.6	12.7	12.7	69.8
Grupo 2	0.0	8.3	8.3	33.3	50.0
Grupo 3	16.7	16.7	16.7	0.0	50.0
Grupo 4	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
Grupo 5	25.7	5.7	25.7	20.0	22.9

Tabla 18: Respuestas a la tercera pregunta (circuito en serie)

RESPUESTAS A LA TERCERA PREGUNTA, CIRCUITO EN SERIE (%)				
	Ninguna	Izquierda	Derecha	Izda. y dcha.
Grupo 1	84.1	4.8	3.2	7.9
Grupo 2	91.7	0.0	0.0	8.3
Grupo 3	33.3	0.0	0.0	66.7
Grupo 4	66.7	0.0	0.0	33.3
Grupo 5	45.7	17.1	8.6	28.6